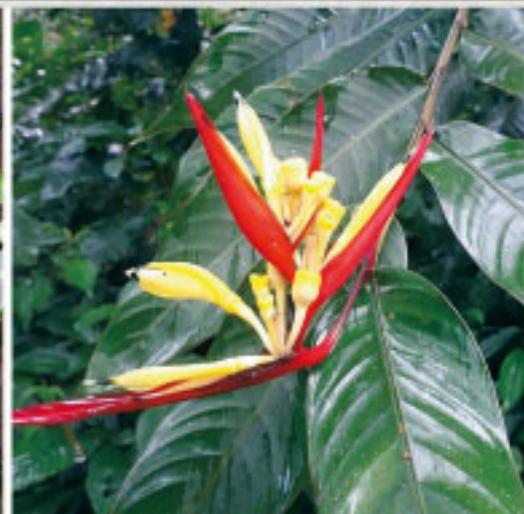





**Ecosistemas
tropicales y
sus conflictos:**
Estudios de caso en el piedemonte de la Orinoquia
Eliud Daniel Vélez-López & Martha Lucia Ortiz-Moreno







Ecosistemas tropicales y sus conflictos:

Estudios de caso en el piedemonte de la Orinoquia

Vélez-López Eliud Daniel, Ortiz-Moreno Martha Lucía

Ecosistemas tropicales y sus conflictos: estudios de caso en el piedemonte de la Orinoquia
Villavicencio: Editorial Unillanos, 2021

p. 130, il.; (21 x 26 cm)

Incluye: índice

ISBN 978-958-8927-62-6

e-ISBN 978-958-8927-87-9

1. Conservación de los Recursos Naturales - Orinoquia (Región, Colombia)

2. Recursos Naturales - Orinoquia (Región, Colombia)

3. Agroecosistema - Orinoquia (Región, Colombia)

CDD 333.98617 ed. 21

Catalogación en la publicación – Biblioteca Universidad de los Llanos

Primera edición 2021

Tiraje de 250 Ejemplares

Ecosistemas tropicales y sus conflictos: estudios de caso en el piedemonte de la Orinoquia

ISBN 978-958-8927-62-6 e-ISBN 978-958-8927-87-9

© **Universidad de los Llanos**

Autores

Eliud Daniel Vélez-López
Martha Lucía Ortiz-Moreno

Cordinación editorial

Juan Pablo Arciniegas

Diseño y diagramación

Mario A. Calderón Collazos

Corrección de estilo

Andrés Mantilla-Meluk

Portada

Eliud Daniel Vélez-López

Elaboración de mapas

Juan Jair Vitar-Mendoza

Fotografías

Ernesto Urrea-Méndez

Sonia López-González

Eliud Daniel Vélez-López

Héctor Fabio Cardona-Castro

Luisa Paola Hoyos-Velásquez

Jaime Alberto Rojas-Rodríguez

Luis Fernando Salazar-Florián

Milton Andrés Ávila-Leguizamo

Milton Alexis Barrero-Gómez

Anderson Manuel Álvarez-Salazar

Ferney Alexander Vargas-Quiroga

Editorial Unillanos

Calle 37 # 41-02 Barzal - Sede San Antonio

editorialunillanos@unillanos.edu.co

<https://editorial.unillanos.edu.co>

Villavicencio, Meta

Impreso en Colombia

Descargo de responsabilidad: la información contenida en este libro es producto del autor y por consiguiente no compromete la posición de la Universidad de los Llanos. Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio, formato o propósito, sin la autorización escrita de la Editorial Unillanos.



Tibouchina, género de plantas tropicales de la familia Melastomataceae. Foto: A. Álvarez-Salazar

Contenido

2023

6

www.editorial.unillanos.edu.co

📖	Presentación	15	
📖	Prólogo	16	
📖	Lista de colaboradores	17	
📖	Agradecimientos	19	
📖	Introducción	20	
📖	Parte 1	23	
		23	Conflictos y biodiversidad en la reserva forestal protectora (RFP) Buenavista, sector vereda El Carmen
		24	Resumen
		24	Introducción
		24	Antecedentes jurídicos
		25	Materiales y métodos
		25	Área de estudio
		26	Fase de campo
		27	Toma de datos
		27	Análisis de datos
		27	Características abióticas
		27	Clima
		27	Geología
		28	Suelos
		28	Paisaje
		31	Características bióticas
		31	Vegetación
		31	Fauna
		32	Oferta de servicios ecosistémicos
		32	Resultados y discusión
		32	Vegetación
		35	Aves
		36	Interacciones ecológicas
		39	Servicios ecosistémicos
		42	Conflictos
		45	Referencias bibliográficas
		50	Anexos
📖	Parte 2	69	Estado actual de las reservas forestales protectoras (RFP) Cerro Vanguardia y Quebrada Vanguardia y Caño Vanguardiuno
		69	Resumen
		70	Introducción
		70	Antecedentes jurídicos
		71	Materiales y métodos
		71	Área de estudio
		71	Toma de datos

	71	Análisis de datos
	72	Características abióticas
	72	Clima
	73	Geología
	73	Paisaje
	73	Características bióticas
	73	Vegetación
	74	Fauna
	74	Resultados y discusión
	74	Vegetación
	74	Aves
	75	Clima
	78	Hongos
	78	Conflictos
	85	Referencias bibliográficas
Parte 3	89	Organismos edáficos y ciclos biogeoquímicos en cuatro coberturas vegetales de un agroecosistema de la Orinoquia
	89	Resumen
	91	Introducción
	92	Materiales y métodos
	92	Área de estudio
	92	Toma de las muestras de suelo
	92	Procesamiento de muestras
	92	Análisis de datos
	93	Variables evaluadas
	93	Tipos de ecosistemas
	93	Bosque secundario (B)
	97	Agroecosistema de sabana (S)
	98	Cultivo de ciclo corto (CC)
	98	Cultivo perenne (agroecosistema: cacao, yopo y acacia) (CP)
	101	Resultados y discusión
	101	Composición de la macrofauna del suelo
	101	Abundancia de organismos del suelo
	102	Riqueza de organismos del suelo
	102	Macrofauna edáfica dominante en los ecosistemas de sabana y bosque
	105	Macrohongos
	106	Comparación de las coberturas vegetales
	106	Ciclos biogeoquímicos en cuatro coberturas vegetales
	108	Dinámica del nitrógeno
	111	Dinámica del fósforo
	115	Referencias bibliográficas
	120	Anexos
Parte 4	129	Consideraciones finales

Lista de tablas

- Tabla 1.** 31 Familias y su distribución ecológica: RFP Buenavista, sector vereda El Carmen
- Tabla 2.** 34 Lista de algunos ejemplares de flora registrados en la RFP Buenavista, sector vereda El Carmen
- Tabla 3.** 36 Lista de aves encontradas durante el recorrido en la RFP Buenavista, sector vereda El Carmen
- Tabla 4.** 37 Lista de aves encontradas durante el recorrido en la RFP Buenavista, sector vereda El Carmen
- Tabla 5.** 40 Concesiones de usuarios del recurso hídrico - captaciones legalizadas Caño Buque
- Tabla 6.** 41 Concesiones de usuarios del recurso hídrico - captaciones legalizadas en la cuenca del caño Maizaro
- Tabla 7.** 75 Lista de algunos ejemplares de flora registrados en los recorridos por las RFP Vanguardia-Vanguardiuno
- Tabla 8.** 76 Lista de aves encontradas en las RFP Vanguardia-Vanguardiuno
- Tabla 9.** 78 Ubicación geográfica y parámetros ambientales de las RFP Vanguardia-Vanguardiuno. Humedad relativa (RH); temperatura (T)
- Tabla 10.** 78 Hongos registrados en las RFP Vanguardia-Vanguardiuno
- Tabla 11.** 80 Descripción de las causas y los actores que generan las afectaciones en las RFP Vanguardia-Vanguardiuno.
- Tabla 12.** 103 Abundancia (número de individuos por m²) colectados de los órdenes de la macrofauna del suelo asociados a cuatro tipos de coberturas vegetales (bosque, sabana, cultivo de ciclo corto y cultivo perenne). Campus Universidad de los Llanos, Meta, Colombia

Lista de figuras

- Figura 1.** 26 Mapa de localización del área de estudio vereda El Carmen. Fuente: J. Vitar-Mendoza (elaboración propia).
- Figura 2.** 33 Perfil florístico reserva forestal protectora Buenavista, vereda El Carmen, Villavicencio, Meta, Colombia.
- Figura 3.** 35 Tipo de uso y cobertura vegetal en función de la elevación altitudinal. Reserva forestal protectora Buenavista, vereda El Carmen, Villavicencio, Meta, Colombia. Fuente: elaboración propia.
- Figura 4.** 38 Parasitismo: a-b) Daño a nivel estructural, principalmente en las hojas. Fotos: elaboración propia.
- Figura 5.** 39 Plantas epífitas: a) Familia Araceae b) Familia Bromeliaceae. Fotos: elaboración propia.
- Figura 6.** 72 Mapa de localización del área de estudio vereda Vanguardia. Fuente: J. Vitar-Mendoza (elaboración propia).
- Figura 7.** 77 Fotografías de plantas vasculares registradas en las RFP Vanguardia-Vanguardiuno. a) *Passiflora foetida* (Passifloraceae); b) *Hedychium coronarium* (Zingiberaceae); c) *Arachis pintoii* (Fabaceae); d) *Macleania* sp. (Ericaceae); e) *Ipomoea purpurea* (Convolvulaceae); f) *Barbieria pinnata* (Fabaceae); g) Araceae; h) *Costus* sp. (Costaceae); i) Melastomataceae. Fotos: Andrea C. Alférez-Velásquez.
- Figura 8.** 79 Fotografías de los hongos registrados. a) Orden Agarical, especie *Leucocoprinus fragilissimus*; b) Orden Polyporal; c) Orden Polyporal, género *Podoscypha* sp.; d) Orden Agarical, género *Hygrocybe* sp. Fotos: Andrea C. Alférez-Velásquez.
- Figura 9.** 81 Impactos en las RFP Vanguardia-Vanguardiuno. a-b) Manejo inadecuado de residuos sólidos (materia orgánica, plásticos, vidrio) y vertimiento de aguas residuales; c) Derrumbes: causas naturales ocasionan remociones en masa. Fotos: Andrea C. Alférez-Velásquez.

- Figura 10.** 93 Mapa de localización del área de estudio granja agropecuaria de la Universidad de los Llanos, sede Barcelona. Fuente: J. Vitar-Mendoza (elaboración propia).
- Figura 11.** 94 Metodología de colecta de las muestras de suelo en campo. a) Delimitación del suelo con un marco de 20 x 20 cm; b) Calicata de 20 x 20 cm con 20 cm de profundidad; c) Bloque de suelo, sin retirar la capa vegetal; d-e-f) Empacado en bolsas y rotulado de las muestras, sin retirar la hojarasca para traslado al laboratorio; g-h-i) Extracción de la macrofauna del suelo, de forma manual y directa con ayuda de pinzas entomológicas. Fotos: E. Vélez-Lopez (2015).
- Figura 12.** 107 Tipos de hongos registrados en las coberturas vegetales. Bosque: orden Polyporales a) *Lentinus swartzii*; b) *Trogia cantharelloides*; c) *Pycnoporus cinnabarinus*; d) *Daedaleopsis confragosa*; e) *Trametes* sp.; orden Agaricales f) *Coprinus* sp.; g) *Pleurotus* sp.; h) *Agaricus* sp.; i-j) *Marasmius* sp.; k) *Mycena* sp.; orden Auriculariales l) *Auricularia delicata*; m) *Auricularia fuscosuccinea*; n) *Xylaria cubensis*; ñ) Micelios de hongo (no determinado) en cultivo perenne: o) Mycetozoa: Mixomicetos. Fotos: Vélez-López (2015).
- Figura 13.** 109 Ciclo del nitrógeno en bosque húmedo tropical. Fuente: J. F. Fontecha-Parrado.
- Figura 14.** 109 Ciclo del nitrógeno para el agroecosistema de sabana. Fuente: J. F. Fontecha-Parrado.
- Figura 15.** 110 Ciclo del nitrógeno para el agroecosistema del cacao (*Theobroma cacao*). Fuente: J. F. Fontecha-Parrado.
- Figura 16.** 110 Ciclo del nitrógeno para cultivo de ciclo corto. Fuente: J. F. Fontecha-Parrado.
- Figura 17.** 111 Ciclo del fósforo en bosque húmedo tropical. Fuente: J. F. Fontecha-Parrado.
- Figura 18.** 112 Ciclo del fósforo para el agroecosistema de sabana. Fuente: J. F. Fontecha-Parrado.
- Figura 19.** 112 Ciclo del fósforo para el agroecosistema del cacao (*Theobroma cacao*). Fuente: J. F. Fontecha-Parrado.
- Figura 20.** 113 Ciclo del fósforo para cultivo de ciclo corto. Fuente: J. F. Fontecha-Parrado.

Lista de anexos

- Anexo 1. 51** Interacciones ecológicas: RFP Buenavista, vereda El Carmen. Parasitismo: a-c-d-e-f-h-l) Daño a nivel estructural, principalmente en las hojas, por una infección fúngica; b-g-i-j-k) Planta huésped sufre daño a nivel estructural, principalmente en las hojas. Fotos: Vélez-López (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l).
- Anexo 2. 52** Interacciones ecológicas: RFP Buenavista, vereda El Carmen. Comensalismo: a-b-c) La abeja angelita anida en cavidades de troncos de árboles o en muros; d-e-f-g) Arbusto proporciona refugio y alimento a las hormigas, mientras estas lo protegen; h-i) Las arañas fabrican sus telarañas en las hojas y troncos de los árboles; j) Individuo de la familia Araceae sobre un árbol; k) Termitas en un árbol; l) Panal de avispas vaqueras. Fotos: Vélez-López (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l).
- Anexo 3. 53** Interacciones ecológicas: RFP Buenavista, vereda El Carmen. Epifitismo: a-b-c) Variedad de líquenes en un árbol; d) Interacción entre aráceas, que habitan sobre un árbol; e-f-g) Plantas epifitas, líquenes, musgos, helechos y Piperaceae epífita, que habitan sobre un árbol y tienen función fotosintética; h-i-j-k-l) Interacción entre bromelias, que habitan sobre un árbol. Fotos: Vélez-López (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l).
- Anexo 4. 54** Fauna-insectos: RFP Buenavista a-b-c-g) Arañas carnívoras (orden Araneae); d) Coccinellidae. Coleópteros polípagos; e) Chinche (Hemiptera); f) Cerambycidae. *Chlorida* sp.; h) Calopterygidae. *Mesamphiagrion laterale*; i-l) Chrysomelidae. Crisomélidos; j-k) Milpiés aplanados (orden Polydesmida). Fotos: Vélez-López (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l).
- Anexo 5. 58** Servicios ecosistémicos: RFP Buenavista. Provisión o abastecimiento: alimento, agua dulce, materias primas de origen biótico y geótico, acervo genético, medicinas naturales. Fotos: Vélez-López (a, b, c, d, e); Rojas-Rodríguez (f, g, h); Ávila-Leguizamo (i, j, k, l).
- Anexo 6. 59** Servicios ecosistémicos: RFP Buenavista. Culturales: educación ambiental, conocimiento científico, conocimiento ecológico local, identidad cultural y sentido de pertenencia, disfrute espiritual, disfrute estético, actividades recreativas y turismo de naturaleza. Fotos: Vélez-López (a, c, d, e, f, g, i, j, k, l); Salazar-Florián (b, h).
- Anexo 7. 65** Uso y conflictos del suelo: principales problemáticas evidenciadas en el sendero ecoturístico de la vereda El Carmen, RFP Buenavista. Fotos: Hoyos-Velásquez (a, b, c); Vélez-López (d, k); Ávila-Leguizamo (e, f, g, h, i, j, l).
- Anexo 8. 121** Fotografías de los organismos encontrados en la macrofauna del suelo: a-b) Lombrices de tierra (orden Haplotaxida); c) Escarabajo (orden Coleóptera); d) Colémbolos (orden Collembola). Fotos: J. F. Fontecha-Parrado (2015).

- Anexo 9. 122** Entomofauna acompañante, bosque húmedo tropical. a-b-c-d-e-f) Hormigas - familia Formicidae (orden Himenóptera); g) Escarabajo - familia Carabidae (orden Coleóptera); h-i) Escarabajo alado - familia Lycidae (orden Coleóptera). Fotos: J. F. Fontecha-Parrado (2015).
- Anexo 10. 125** Fotografías de los organismos registrados en los ecosistemas. a-b) Mariposas (orden Lepidóptera); c) Ninfa de chinche (orden Hemíptera); d) Libélula (orden Odonata). Fotos: Vélez-López (a, b, c, d); Vargas-Quiroga (e, f, k); Rojas-Rodríguez (g, h, j, l); Ávila Leguizamo (i).
- Anexo 11. 126** Fotografías de la vegetación herbácea registrada en los ecosistemas. a) Familia Melastomataceae; b) Familia Costaceae; c) Familia Poaceae; d) Familia Piperaceae. Fotos: Hoyos-Velásquez (2015).



Ipomoea purpurea - flor de campanilla. Foto: A. Álvarez-Salazar



Cola de zorra *Andropogon bicornis*. Familia Poaceae. Foto: A. Álvarez-Salazar

Presentación



**Linda Rocío
Orjuela-Parrado**

Coordinadora Sistema Regional de
Áreas Protegidas-SIRAP Orinoquia



Las reservas forestales protectoras nacionales (RFPN) pertenecen al Sistema Regional de Áreas Protegidas de la Orinoquia (SIRAP Orinoquia) y representan, para los habitantes de Villavicencio, importantes servicios ecosistémicos asociados a la provisión, regulación y disfrute. Sin embargo, estos territorios fueron reservados por la ley para el departamento del Meta desde hace más de 70 años por su importancia ambiental, donde la oferta hídrica abastece de agua a la población, a través de acueductos urbanos y rurales. De las tres RFPN con las que cuenta el municipio de Villavicencio, en el departamento del Meta, solamente la RFPN de la Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque, conocida localmente como Buenavista, cuenta con un plan de manejo adoptado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el cual es el instrumento que orienta la gestión del área protegida. Lamentablemente, estas áreas protegidas han sido afectadas por la transformación antrópica por efecto de su cercanía a la ciudad, lo que ha incidido en el detrimento de sus ecosistemas y en la pérdida de su biodiversidad. Por ello, la academia desempeña un papel fundamental en la construcción del conocimiento y debe propender por que este sea apropiado efectivamente por las comunidades, instituciones y sectores productivos de la región, pues no se protege lo que no se conoce. De esta manera se contribuirá a una gestión coordinada para la protección y uso sostenible del territorio. Me complace presentar el libro titulado *Ecosistemas tropicales y sus conflictos: estudios de caso*, publicado por la Universidad de los Llanos, que aporta significativamente al conocimiento de las áreas protegidas del municipio de Villavicencio y al entendimiento del funcionamiento de los agroecosistemas para el desarrollo sostenible de la región, con el profundo reconocimiento de la fragilidad que tienen los ecosistemas de la Orinoquia y la necesidad de trabajar mancomunadamente para su conservación. Este tipo de obra de divulgación científica es una herramienta importante para la sensibilización ambiental de los ciudadanos del municipio y de la región.

Prólogo



16

Este libro de naturaleza divulgativa pretende llevar al público general una compilación del conocimiento y características de algunas de las áreas protegidas y agroecosistemas del municipio de Villavicencio, con el fin de contribuir a su conocimiento, conservación y gestión. Este tipo de obras de divulgación permiten acercar el conocimiento generado por la academia a los actores ambientales y a la ciudadanía en general, reforzando la relación conocimiento – valoración – conservación. Una vez más, los autores Martha Lucía Ortiz-Moreno y Eliud Daniel Vélez-López nos hacen evidente la falta de planeación y de miradas preventivas hacia el manejo de reservas naturales que, en el casco urbano, se constituyen en enclaves vitales para la conservación de las especies, la recarga de los acuíferos y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que prestan. Hasta hace pocos años, y para fines académicos, bastaba con la determinación de variables fisicoquímicas y un listado de las especies presentes. Sin embargo, en la actualidad se hacen necesarias miradas integrales del paisaje, abordajes que, desde la ecología funcional, permitan la planeación en el desarrollo urbano, construcción de vías de comunicación que respeten el entorno y prevean los conflictos con la fauna y desarrollos de la economía naranja relacionados con el ecoturismo. Así, las áreas protegidas Buenavista, Vanguardia-Vanguardiuno y los enclaves boscosos de los agroecosistemas, que estudiaron los autores, pueden constituirse en refugios para muchas especies y en modelos de manejo, llevando a Villavicencio a consolidarse como una biodiversidad de Colombia, es decir, un área urbana totalmente integrada con su biodiversidad, en la cual sus ciudadanos tienen sentido de pertenencia con su entorno.



José Ariel Rodríguez-Pulido

Biólogo, MSc, PhD en
Ciencias Agropecuarias
Docente de la Universidad
de los Llanos

Lista de colaboradores

Universidad de los Llanos / Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Estudiantes de Ingeniería Agronómica

Curso Ecosistemas Tropicales: Angie Marbell Álvarez-Zambrano; Ginna Mariana Amórtegui-Novoa; Omar Armando Báez-Parrado; Fabián Leonardo Baldayo-Álvarez; Lorena Cabrera-Rubiano; Jesús David Calderón-Mancilla; Daniela Castellanos-Lozada; Rubén Leonardo Castro-Perilla; Karen Daniela Chaquea-Clavijo; José Arley Cruz-Salazar; Cristhian Camilo Díaz-Otero; Juan Felipe Fontecha-Parrado; Juan Sebastián García-Arango; Adriana Camila García-Patiño; Wendy Yuranny Hoyos-Rojas; Andrea Mailed Jiménez-Madrid; Marisol Leal-Delgado; Daira Natali León-Roa; William de Jesús López-Orjuela; Jorge Enrique Lozano-Peña; Adolfo Martínez-Grisales; Cristian Eduardo Montaña-Rojas; María Natalia Mora-León; William Mora-Muñoz; Fabio Alberto Moreno-Moreno; Julián David Moreno-Páez; Víctor Alejandro Narváez-Rozo; Yonatan Eduardo Nieto-Moreno; Angie Vanessa Niño-Ramírez; Carlos Alberto Otero-Marentes; Karina Pardo-Rabe; Laura Camila Peña-Escobar; Jeison Javier Pérez-Garzón; Lina Paola Perilla-Guayara; Leonardo Hugo Ramírez-Dousdebés; Ana Faride Ramírez-Franco; Joussan Raphael Reina-Bejarano; Wilson Rincón-Gutiérrez; Bryan Aldemar

Rodríguez-Rojas, Jaime Alberto Rojas-Rodríguez; Hernando Rueda-Correa; Orley Andrés Salas-Romero; Luis Fernando Salazar-Florián; Edwar Alejandro Sánchez-Guarín; Leidy Marcela Tafur-Rojas; Ana Mayerly Vacca-Pinilla; Nelson Andrés Vargas-Arrieta; Luis Fernando Vargas-Ibica; Laura Estefanía Velásquez-López; María Fernanda Vergara-Sánchez; Julieth Damariz Zapata-Doncel.

Universidad de los Llanos / Facultad de Ciencias Básicas e Ingenierías

Estudiantes de Biología

Curso de Manejo y Valoración de Ecosistemas: Andrea Carolina Alférez-Velásquez; Karen Melisa Alfonso-Mojicones; Jhon Alex Arias-López; Karen Yelitza Cruz-Parrado; Jessica Jasbleidy Díaz-Cárdenas; Jheraldine Díaz-Vásquez; Andrés Hernández; Maira Alejandra Holguín-Ruiz; Cristian Andrés Ibáñez-Puentes; Daniel Martínez-Suárez; Alexandra Montoya-Cruz; Anny D. Montoya-Rivero; Angie Gabriela Moreno-Carrillo; Laris Daniela Parra-Oliveros; Juan Carlos Peña-Perdomo; Erika Peralta-Santana; Nelson Andrés Pineda-Cuburuco; Julieth Camila Pineda-Piñeros; Leydi Geraldine Porras-Rivera; Juan David Rodríguez-Hurtado; Jesica Juliana Romero-Lizcano; Iván David Sandoval-Herrera; Kenia Siso-Naveo; Laura Vanessa Solarte-Murillo; Deyli Faynory Suta-Chisica; Jhoimar Ubaque-Bernal; Didier José Velandia-Bobadilla; Sara Piedad Velásquez-López.



Arbusto en una ladera. Familia Myrtaceae. Foto: A. Álvarez-Salazar

Agradecimientos



Agradecemos a quienes cedieron sus fotografías para esta publicación: Manuel Álvarez-Salazar; Milton Andrés Ávila-Leguizamo; Milton Alexis Barrero-Gómez; Héctor Fabio Cardona-Castro; Juan Felipe Fontecha-Parrado; Luisa Paola Hoyos-Velásquez; Jousan Raphael Reina-Bejarano; Jaime Alberto Rojas-Rodríguez; Luis Fernando Salazar-Florián; Ernesto Urrea-Méndez; Ferney Alexander Vargas-Quiroga y a cada una de las personas que hicieron parte del proceso de preparación de este libro. Al grupo de investigación en Sustentabilidad Ambiental (SUSA) de la Universidad de los Llanos, por su apoyo para resolver problemas de la comunidad general. A nuestras familias, por su apoyo incondicional e incentivo para perseverar y cumplir nuestras metas.

*“Pon en manos del Señor todas tus obras,
y tus proyectos se cumplirán”.*

Proverbios 16:3

Introducción

El crecimiento de la población y la alta densidad de habitantes de una ciudad pueden causar serios daños en los frágiles recursos ambientales, los cuales deben ser monitoreados y mitigados para alcanzar un verdadero desarrollo sostenible. Por otra parte, las áreas protegidas y los enclaves boscosos de los agroecosistemas presentes en los entornos urbanos deben ser considerados al planear la expansión de las ciudades, ya que actúan como conexión con los demás elementos del paisaje, como vegetación riparia, remanentes de bosques, humedales, quebradas, campos agrícolas y forestales, permitiendo la conservación de los servicios ecosistémicos. Una de las principales funciones sociales de estos elementos es acercar a los ciudadanos con la naturaleza, su entorno inmediato, territorio y región. Esto fortalece la sensibilidad y percepción ambiental, así como la identidad de los ciudadanos, puesto que valoran el acceso a espacios ecológicamente complejos y con calidad ambiental (Trzyna, 2014; Montoya *et al.*, 2018).

A su vez, la riqueza biológica de los territorios se ha convertido en el objetivo de interés de las industrias agropecuarias, lo cual ha potenciado la transformación de las coberturas vegetales en el sector rural, siendo la fragmentación de hábitats una de las principales consecuencias del desarrollo económico. Dicha fragmentación limita las funciones de los bosques húmedos tropicales y otros ecosistemas debido a la pérdida en la conectividad ecológica dentro de los paisajes, lo que afecta la movilidad de las es-

pecies silvestres y sus propágulos, a la vez que se reduce la oferta de servicios ecosistémicos que usufructúan las comunidades humanas. Este escenario no excluye a las áreas protegidas que constantemente se ven amenazadas por diferentes conflictos ambientales.

Es importante estudiar las áreas protegidas y los enclaves boscosos de los agroecosistemas en entornos urbanos de Villavicencio por su valor ecológico local y regional, además del limitado conocimiento sobre su biodiversidad y oferta de servicios ecosistémicos. En este municipio confluyen importantes problemáticas comunes a la gestión de los ecosistemas de Suramérica y Colombia, como el limitado papel de los entes gubernamentales en la conservación, debido a gobiernos muy centralizados, poca capacidad logística, humana e institucional, así como la poca participación de las comunidades en la planeación y gestión ambiental, lo cual lleva a un inadecuado monitoreo y al bajo cumplimiento de los objetivos de gestión de los planes de manejo, cuando existen. Por ello, el objetivo de este trabajo es contribuir a generar información sobre algunas de las áreas protegidas y los agroecosistemas de Villavicencio para su adecuada gestión y manejo.

La presente obra se ordena en cuatro diferentes capítulos. En los capítulos uno y dos, se describen y analizan las características de dos áreas de reserva forestal protectora (RFP) en cercanías del municipio de Villavicencio: Buenavista y Vanguardia-Vanguardiuno. En el capítulo tres,



se compara la composición de la macrofauna edáfica y de macrohongos en cuatro ecosistemas con diferente grado de antropización (bosque secundario y sabana) y dos agroecosistemas, haciendo énfasis en el análisis de los ciclos biogeoquímicos y su transformación por influencia humana. Finalmente, en el capítulo cuatro se realiza un análisis global de los tres casos estudiados y sus recomendaciones.

A continuación, se introduce al lector en algunas definiciones que facilitarán su comprensión del libro.

- Población: grupo de individuos de una misma especie (Odum & Warrett, 2006).
- Comunidad: grupo de poblaciones de un área determinada que interactúan entre sí (Odum & Warrett, 2006).
- Ecosistema: grupo de comunidades de un área determinada que interactúan entre sí (biocenosis) y con su entorno abiótico (biotopo) (Odum & Warrett, 2006).
- Paisaje ecológico: área heterogénea compuesta por un grupo de ecosistemas que interactúan y se repiten de manera similar en su extensión (Forman, 1995). Dicho patrón de repetición generalmente es consistente a escala regional e infracontinental. En el texto se usará este concepto siempre relacionado con el contexto ecológico.
- Paisaje geomorfológico: hace referencia a una formación geomorfológica dentro de una región geográfica caracterizada por la morfométrica de la forma, altitud, pendiente, proceso geomorfológico y tipo de roca que la compone (Ortiz-Pérez *et al.*, 2005). Este concepto de paisaje se usa frecuentemente en la descripción del biotopo de un área relacionada con las características del suelo y la dinámica de nutrientes y agua (Zavala-Cruz *et al.*, 2016). En el texto se usará esta acepción del concepto solo cuando la fuente así lo haga y siempre relacionada con el contexto geomorfológico.
- Bioma: conjunto de paisajes ecológicos con características similares a escala global, en el que sus flujos de materia y energía determinan la funcionalidad a nivel continental y planetario (Forman, 1995; Higgins *et al.*, 2016). En Colombia, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2017) usa la denominación bioma para designar grupos de ecosistemas con fitosocionomías similares haciendo una apropiación más local del concepto. En el texto se seguirá la definición internacional.
- Biósfera o ecósfera: máximo nivel de organización dentro del planeta, es casi autosuficiente e incluyente a todos los organismos vivos de la Tierra, así como su entorno abiótico (Odum, 2006).



Vista panorámica RFP Buenavista, parque El Bambú. Foto: A. Álvarez-Salazar

Parte 1



Conflictos y biodiversidad en la reserva forestal protectora (RFP) Buenavista, sector vereda El Carmen

Resumen

El uso inapropiado de los residuos sólidos, los conflictos por la ocupación ilegal de terrenos y la apropiación de los recursos naturales son algunos de los factores que afectan las reservas naturales de la Orinoquia, las cuales tienen por objetivo la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales, y en conjunto ofrecen diversos servicios ecosistémicos. La RFP Buenavista es un área estratégica para la conservación de fauna y flora, donde habitan especies endémicas y en amenaza de extinción. Además, es de gran importancia dado que permite el abastecimiento local del recurso hídrico a los habitantes de Villavicencio, tanto del casco urbano como de la zona rural. El presente trabajo pretende analizar las características y los conflictos ambientales de la RFP Buenavista, sector vereda El Carmen, con el fin de contribuir al análisis de la complejidad de la gestión de sus ecosistemas y mitigación de sus conflictos ambientales. Para cumplir con estos objetivos, se efectuaron salidas de campo en las que se registraron las intervenciones observadas de origen antrópico en los componentes bióticos (flora, funga y fauna), las diferentes interacciones ecológicas, los servicios ecosistémicos, los conflictos ambientales y

el uso del suelo presente en cada sitio. Se registró un total de 10 familias de plantas, de las cuales tan solo dos se identificaron a nivel de especie, y 36 especies de aves pertenecientes a 13 órdenes, cuya mayoría (18 especies) se identificó en el orden Paseriformes. Los datos indican que la RFP Buenavista, sector vereda El Carmen, presenta diferentes interacciones a nivel ecosistémico (parasitismo, competencia, mutualismo y depredación) y una gama de ecosistemas ricos en fauna, funga y flora. Además, es un área turística que presta servicios ecosistémicos de soporte y culturales importantes al casco urbano, como hábitat para la conservación ambiental y escenario para la recreación, deporte y manifestaciones culturales y religiosas. La RFP Buenavista está categorizada como una de las áreas con mayor fragilidad ambiental de la ciudad y como zona de recarga de las aguas subterráneas del piedemonte. Así mismo, oferta el recurso hídrico para cursos de agua superficiales que abastecen a acueductos y bocatomas comunitarias. Por tanto, es indispensable su conservación y gestión para mitigar los conflictos ambientales que la amenazan.

Palabras clave: áreas naturales protegidas, conflictos ambientales, ocupación de área protegida.

Introducción

Las reservas forestales protectoras (RFP) de la Orinoquia están localizadas principalmente en el piedemonte de la cordillera Oriental (Ortiz-Moreno, 2015). Entre ellas se encuentran la RFP Quebrada Honda, Caño Parrado y Buque, también conocida como Buenavista, la cual abarca una superficie de 1213,805 hectáreas, en un rango altitudinal entre los 470 y los 1330 msnm. Se localiza en el municipio de Villavicencio, en el departamento del Meta, en jurisdicción de las veredas Buenavista, Buenos Aires, Contadero, El Carmen, Mesetas Alta y Mesetas Baja (Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena [Cormacarena], 2013). En su interior también se encuentra una pequeña zona definida en el mapa predial del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) como suelo urbano, que hace parte del barrio Centro de Villavicencio y del centro poblado de Buenavista (Cormacarena, 2014). Por otro lado, se destaca la presencia en la zona de lugares de especial importancia y referentes de identidad para los habitantes (Cormacarena, 2013).

La RFP Buenavista es un área estratégica para la conservación de fauna y flora, porque allí habitan especies endémicas y en amenaza. Además, es de gran importancia dado que permite el abastecimiento local del recurso hídrico a los habitantes de Villavicencio, tanto del casco urbano como de la zona rural. Por otro lado, se destaca que, a través del tiempo, se ha constituido en un centro turístico debido a

sitios de interés como la vereda El Carmen, el Alto de Buenavista, el Jardín Botánico y el Cerro de Cristo Rey (Cormacarena, 2014).

En el presente capítulo se analizan las características del área de la RFP Buenavista, en el sector vereda El Carmen, y sus conflictos ambientales, con el fin de aportar a la gestión de esta área protegida vital para el municipio de Villavicencio.

Antecedentes jurídicos

Mediante la Resolución 59 del 4 de abril de 1945, se declara zona de reserva forestal protectora, ubicada en jurisdicción del municipio de Villavicencio, departamento del Meta. Fue constituida el 1 de diciembre de 1944, luego de una solicitud, por la alcaldía de Villavicencio, con el propósito principal de garantizar el suministro de agua a los habitantes del municipio, quienes en aquel tiempo se abastecían en gran medida de las corrientes hídricas que se originan en la reserva (Resolución 59 de 1945).

Posteriormente, se reconoce como suelo de protección en el Decreto 353 de 2000, que adopta el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Villavicencio. Por otra parte, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante la Resolución 2350 de 2009 ordenó la sustracción de 0,468 ha de la RFP para la construcción de un puente vehi-

cular sobre el caño Parrado, sector Galán-Mesetas. Así mismo, se ordenó la sustracción de 3,30 ha mediante la Resolución 475 de 2012 para el desarrollo del proyecto denominado *Construcción segunda etapa de la conexión vial entre la antigua y la nueva vía Villavicencio-Bogotá*, que forma parte del macroproyecto *Estudios, diseños y construcción puente vehicular (perímetro urbano) sector barrios Mesetas y salida túnel de Buenavista, ubicado en jurisdicción del municipio de Villavicencio, en el departamento del Meta*. Sin embargo, dicha reglamentación se modificó a través de la Resolución 824 de 2013 con la finalidad de unificar las áreas de compensación de las Resoluciones 2350 de 2009 y 475 de 2012. De esta forma, se resolvió la sustracción definitiva de 0,010 ha.

Después, a través de la Resolución 2103 del 28 de noviembre de 2012, se realinderó el área de la RFP Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque, de manera que la nueva superficie de la Reserva Buenavista es de 1213,805 ha. Cabe resaltar que esta área está adscrita al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) como reserva forestal protectora, por ende, se acoge a los principios de ordenación establecidos para esta categoría y debe cumplir con los objetivos de conservación del país (Decreto 2372 del 1 de julio de 2010). Por esta razón, mediante la Resolución 1762 del 4 de noviembre de 2014, se adoptó el plan de manejo de la RFP elaborado por Cormacarena.

Materiales y métodos

Área de estudio

La vereda El Carmen se encuentra ubicada en el piedemonte de la cordillera Oriental entre las coordenadas 04°8'19.08" latitud norte y 73°40'32.93" longitud oeste (figura 1), en el área de influencia de la RFP Buenavista en el municipio de Villavicencio, departamento del Meta (Alcaldía de Villavicencio, 2012; Ulloa-Barreto, 2018). Cuenta con un área aproximada de 354 ha y 22 predios. Geomorfológicamente se caracteriza por sus marcadas pendientes, suelos de reciente formación (Departamento Nacional de Estadística [DANE], 2018), altura aproximada entre los 470 y 1330 msnm, clima súper húmedo medio, paisaje húmedo tropical y riqueza de especies arbóreas y fauna, principalmente de aves. La vereda El Carmen hace parte de la zona rural del municipio (ARO - Ecopetrol, 2012).

Presenta una temperatura media entre 18 y 20 °C dependiente de la elevación; sin embargo, en los últimos meses del año las temperaturas son >24 °C (Arango *et al.*, 2015). También presenta una precipitación promedio anual entre 3000 y 4000 mm con un régimen de lluvias biestacional (IGAC, 2004). De acuerdo con el sistema de Holdridge, la vereda se encuentra en la zona de vida bosque pluvial montano bajo (bp-mb) (Holdridge, 1947).

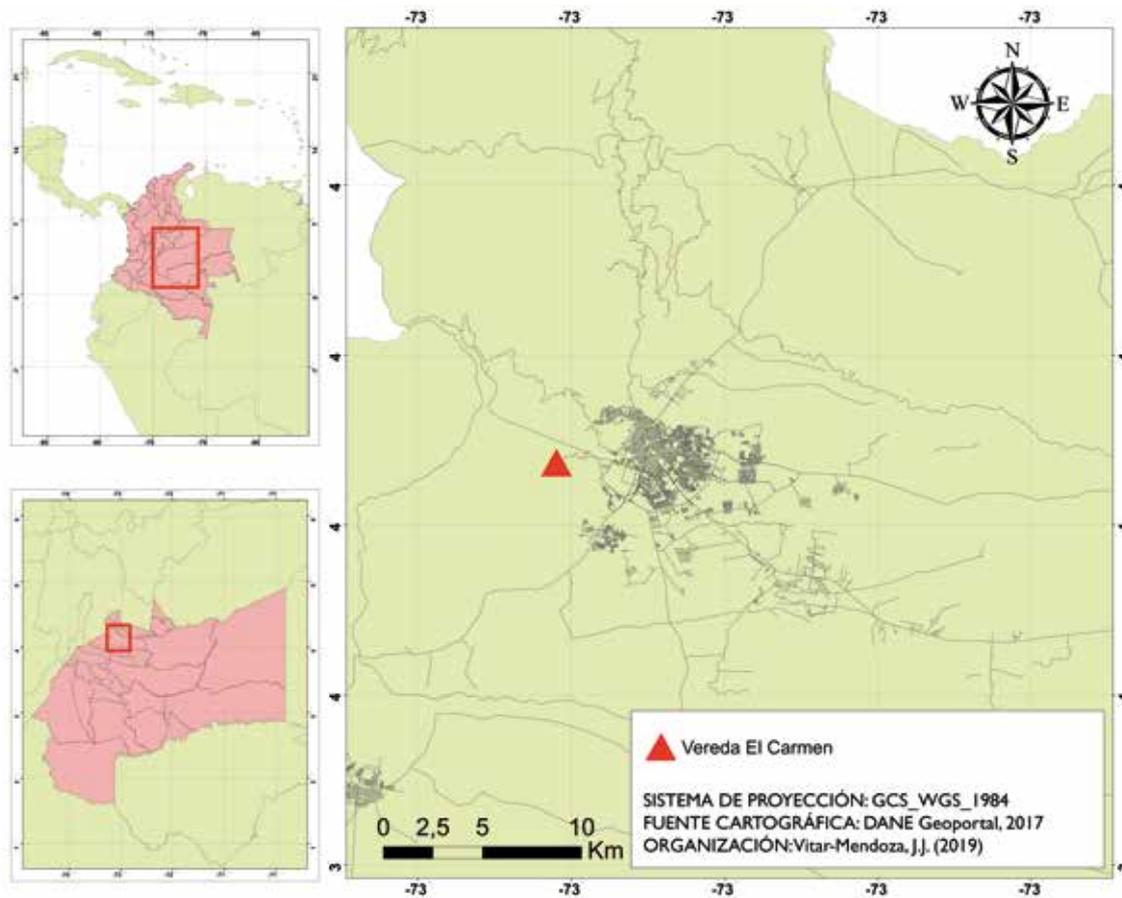


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio vereda El Carmen. **Fuente:** J. Vitar-Mendoza (elaboración propia).

Fase de campo

De febrero de 2015 a junio de 2018, durante la transición entre el período seco y el máximo de lluvias, se efectuaron salidas de campo en las que se visitó la RFP Buenavista, sector vereda El Carmen, con el fin de analizar sus características y afectaciones. Para esto, se recorrió el sendero de la vereda, que inició frente al conjunto residencial Balcones de Toledo, hasta el centro educativo de la vereda, ubicado en la parte alta, donde se registraron las intervenciones antrópicas en cada una de las visitas.

Por otra parte, se realizaron descripciones generales de la vegetación presente en cada sitio, las diferentes interacciones ecológicas, los servicios ecosistémicos ofertados, los conflictos y el uso del suelo. En los recorridos se registraron todos los macrohongos presentes, para analizar la dinámica de la materia orgánica en los ambientes visitados.

En cuanto a la fauna, se registraron por observación los grupos de artrópodos y aves, puesto que el estado de amenaza de las especies presentes en la RFP Buenavista, sector vereda El Carmen, es

información muy útil para evaluar el efecto de las intervenciones en las áreas protegidas.

Toma de datos

La toma de datos se realizó por uno o dos grupos. Se establecieron 14 transectos de observación cada 50 m por el sendero, donde se registraron la fauna y la flora presentes con sus coordenadas geográficas y altitud. La dirección del transecto, la distancia recorrida y la ubicación se registraron con ayuda de un GPS modelo 64s o el aplicativo móvil Handy GPS, configurado en el sistema de coordenadas planas UTM y en el datum internacional WGS 1984. Además, se realizó un registro fotográfico en los puntos donde se encontraron afectaciones. Allí se realizaron las mediciones de las variables ambientales y de los componentes de la biodiversidad.

Análisis de datos

Los datos se organizaron en tablas o fotografías de los registros de fauna y flora y de los impactos antrópicos registrados, con el fin de realizar comparaciones de las principales intervenciones que se encuentran relacionadas con la RFP y su incidencia. Los valores de conservación de las especies se establecieron con base en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2018) y la serie de Libros rojos de especies amenazadas de Colombia (Renjifo *et al.*, 2002; Rueda-Almonacid *et al.*, 2004). También se realizaron comparaciones del registro de individuos de los grupos taxonómicos observados. A continuación, se presentan las características de la RFP Buenavista, sector vereda El Carmen.

Características abióticas

Clima

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, la RFP Buenavista, sector vereda El Carmen presenta un clima tropical lluvioso de bosque (Am), característico del piedemonte llanero (IDEAM, 2015). Presenta una precipitación anual entre 3000 y 4000 mm, con un pico de lluvias en el mes de mayo, que desciende hasta el período seco de diciembre a febrero. Por otro lado, hace parte de dos zonas de vida: bosque muy húmedo tropical (bmh-T) y bosque pluvial premontano (bp-PM), según el sistema de clasificación de Holdridge (Holdridge, 1947). La primera zona se caracteriza por precipitaciones mayores a 4000 mm anuales y una temperatura media multianual >24 °C, mientras que en la segunda la temperatura oscila alrededor de los 18 °C (Cormacarena, 2013).

Geología

La historia geológica de la RFP Buenavista, sector vereda El Carmen tiene su origen en procesos orogénicos sucedidos durante el Prepaleozoico o Paleozoico inferior, los cuales ocasionaron metamorfismo a depósitos sedimentarios y dieron origen a las Cuarcitas y Filitas de Guayabetal, que hacen parte del Macizo de Quetame y constituyen el basamento de la cordillera Oriental (Cormacarena, 2007).

El gran levantamiento de la cordillera ocurrió en el Cuaternario, durante el Pleistoceno (millones de años, aproximadamente), con grandes plegamientos que dieron lugar a la ocurrencia de nieves perpetuas, con alturas que, en algunos lugares, alcanzaron 7000 msnm. Durante

el Holoceno (hace 10 mil años) se terminó de moldear el relieve de la cordillera debido al movimiento de los glaciares y grandes masas de sedimentos, dando lugar a un proceso de erosión en el que quedaron al descubierto los estratos inferiores por la remoción de los estratos superiores, especialmente en las zonas de mayor pendiente. Fue precisamente durante este período (Holoceno) que ocurrió una deposición aluvial, producto del transporte de material de los caños Buque, Maizaro y Parrado. Adicionalmente, se generaron coluviones y flujos de escombros a causa del material fracturado, las fuertes pendientes y la alta pluviosidad (Cormacarena, 2007).

Suelos

La RFP Buenavista, sector vereda El Carmen posee oxisoles en la zona de valles, mientras que con el aumento de altitud cambia a entisoles e inceptisoles. Estos se clasifican en las categorías VI y VII, según la clasificación agrológica de los suelos, lo cual indica una vocación natural a la conservación y fuertes limitantes para el desarrollo de actividades productivas agrícolas y ganaderas.

La gran mayoría de estos suelos son superficiales, bien drenados y con alta susceptibilidad a la erosión, de modo que estas condiciones se incrementan con las fuertes pendientes y el alto volumen de precipitación (Cormacarena, 2013). Sin embargo, se han identificado daños a gran escala en el suelo de la RFP Buenavista, sector

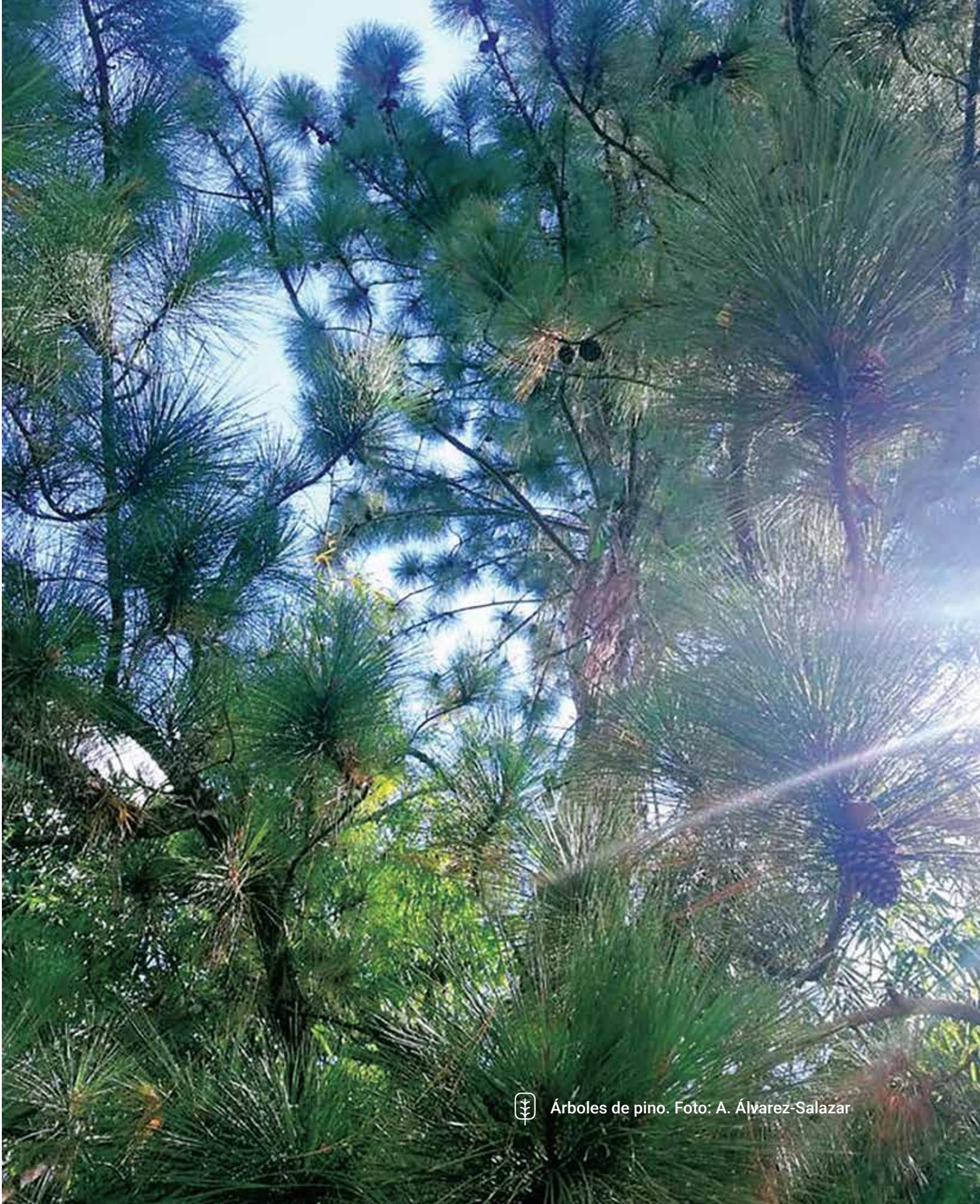
vereda El Carmen, producto de la actividad ganadera que ocasiona compactación y erosión.

Paisaje

La RFP Buenavista se caracteriza por encontrarse ubicada en el piedemonte llanero. Se considera una zona de transición entre la cordillera Oriental y la altillanura. Debido al contexto histórico del municipio y a las características del terreno en zonas entre 450 y 700 msnm, como suelos inclinados y moderadamente escarpados, se encuentra un paisaje poco fragmentado con continuidad espacial entre los fragmentos, soportado por la vegetación arbustiva. La matriz predominante del paisaje es la cobertura boscosa que se encuentra en buen estado de conservación y el mosaico de cultivos (Torres, 2018).

En cuanto a la vereda El Carmen, esta cuenta con un alto potencial de recarga de acuíferos. Entre los principales afluentes que la riegan se encuentran el Caño Buque y el Caño Maizaro. El primero nace en la cuchilla de Buenavista y el segundo en el interior de la vereda sobre la vía a Bogotá. Ambos atraviesan la ciudad de Villavicencio y desembocan en el río Ocoa (García, 2014; Resolución 59 de 1945).

Estos dan abastecimiento de agua a la vereda y a dos empresas embotelladoras de agua (Agua de la cumbre y Agua del nacimiento [Postobón]), además de los acueductos comunitarios de Villacodem y la captación El Buque.



Árboles de pino. Foto: A. Álvarez-Salazar



Vista panorámica de Villavicencio, vereda El Carmen. Foto: L. Hoyos Velásquez

Características bióticas

Vegetación

La vegetación predominante en la RFP Buenavista, sector vereda El Carmen es de bosque, seguida de pastos arbolados y vegetación secundaria alta, además de bosques riparios o de galería asociados a cuerpos de agua lóticos, que conforman los corredores del área de estudio. De acuerdo con Cormacarena (2013), la RFP Buenavista posee 316 especies de plantas agrupadas en 194 géneros y 75 familias. Las especies de plantas más representativas son *Jacaranda copaia* (pavito), *Inga thibaudiana* (guamo), *Cupania americana* (guacharaco), *Socratea exorrhiza* (chuapo) y *Trattinnickia peruviana* (caraño). Así mismo, las especies de palmas como *Socratea exorrhiza* (chuapo), *Bactris setulosa* (macana), *Bactris corossilla* (cubarro), *Oenocarpus minor* (pusuy), *Geonoma interrupta* (molinillo), *Iriartea deltoidea* (corneto), *Wettinia* sp. (coronta), *Chamaedorea pinnatifrons* (verde) y *Oenocarpus bataua* (unama) se destacan por su riqueza y abundancia. Por otra parte, se encuentran plantas exóticas como eucalipto y pino, así como las especies *Pachira aquatica*, *Pseudosamanea guachapele* y *Pachira quinata*, nativas de otros ecosistemas (Cormacarena, 2013).

La presencia de estas especies evidencia una cobertura vegetal secundaria, producto de las intervenciones antrópicas que se han llevado a lo largo del tiempo, por lo cual, la vegetación se encuentra dispuesta en bloques compactos o fragmentos dispersos. Dentro de estos se encuentran parches de especies introducidas o nativas, resultado de reforestaciones por entidades oficiales o del interés de la población local (Cormacarena, 2013).

Fauna

Según el plan de manejo de la RFP Buenavista (Cormacarena, 2013), en la reserva se encuentran alrededor de 232 especies de vertebrados, de las cuales el 63 % corresponde al grupo de aves, seguido por mamíferos (21 %), anfibios (7 %), reptiles (6 %) y peces (3 %), con un menor número. Las aves son el grupo más diverso en la reserva con 147 especies, 111 géneros y 48 familias. Le sigue el grupo de mamíferos con 48 especies y 13 familias, donde el 50 % corresponde al orden Chiroptera. En este grupo se destaca la presencia de especies como *Plecturocebus ornatus*, *Aotus brumbacki*, *Leopardus wiedii*, *Cerdocyon thous*, *Bassaricyon gabbii*, *Bradypus variegatus* y *Proechimys guairae*. La reserva también alberga 16 especies de anfibios con notable presencia de *Pristimantis medemi* y *Pristimantis savagei*. Así mismo, se encuentran 15 especies de reptiles compuestos principalmente por el orden Squamata.

En cuanto a los peces, se reportan 6 especies, aunque se estima una mayor riqueza dado el bajo número de estudios realizados en la zona (Cormacarena, 2013).

La diversidad de especies mencionadas es un elemento típico de la transición entre la cordillera Oriental y los Llanos Orientales, zona que, de acuerdo con la teoría de refugios, favoreció la especiación y el endemismo, de ahí que se distribuyan especies endémicas en la reserva, como la especie de *Plecturocebus ornatus*, conocido localmente como mono zocay o zogui-zogui.

Igualmente, se encuentran animales característicos de las tierras bajas de la región tropi-

cal andina como los sapos (*Rhinella marina* y *Rhinella margaritifera*), la rana platanera (*Hypsiboas crepitans*) y la ranita rostral (*Scinax rostratus*) (Cormacarena, 2013).

Oferta de servicios ecosistémicos

Gracias al valor paisajístico de sitios de interés como la vereda El Carmen, el Alto de Buenavista, el Jardín Botánico, el Cerro de Cristo Rey y el Túnel de Buenavista, la RFP Buenavista se considera un atractivo turístico para el desarrollo de actividades recreativas y ecoturísticas (Cormacarena, 2014). Se destaca por la presencia de hábitats naturales con gran biodiversidad, lo cual ha promovido el turismo de naturaleza en el municipio.

La reserva ofrece servicios ecosistémicos de soporte, abastecimiento, regulación y culturales. Además, la realización de estudios y programas en estos sitios fomenta la conciencia ambiental en los residentes y visitantes de la zona. Cabe resaltar que la vereda El Carmen tiene un valor histórico, cultural y ambiental dado por la población local (Cormacarena, 2013).

La vereda El Carmen está relacionada con la conservación del bosque, por lo que ofrece servicios ecosistémicos importantes tales como la protección de los suelos, la absorción de los gases de efecto invernadero y la regulación del clima. Otros servicios ecosistémicos brindados son los culturales y paisajísticos, donde se puede hallar diversidad de fauna y flora y actividades como el avistamiento de aves. Así mismo, por su belleza escénica y condiciones naturales, se llevan a cabo actividades como el senderismo o recreación al aire libre (Cormacarena, 2018). Las corrientes hídricas que allí se originan constituyen la principal fuente de abastecimiento de agua para los pobladores de la vereda, para acueductos operados por las juntas de acción comunal y para un número importante de la población de Villavicencio (Guzmán-Fierro, 2019).

Resultados y discusión

Vegetación

Los estudiantes del Curso de Ecosistemas Tropicales (Ingeniería Agronómica IV, 2017) identi-

Tabla 1. Familias y su distribución ecológica en la RFP Buenavista, vereda El Carmen

Familia	N.º individuos	Distribución ecológica
Melastomataceae	13	Cercados, sabanas, bosques
Piperaceae	10	Bordes de cercados
Bromeliaceae	8	En ramas de árboles, troncos
Orchidaceae	7	Bosques de galería
Araceae	5	Bosque frondoso
Lycopodiaceae	2	Sabanas

Fuente: elaboración propia.

ficaron 13 individuos de la familia Melastomataceae, 10 individuos de la familia Piperaceae y 8 individuos de la familia Bromeliaceae (tabla 1).

En el perfil florístico (figura 2), los números corresponden a las familias más representativas en la RFP Buenavista, vereda El Carmen: 1) Poaceae, 2) Melastomataceae, 3) Rubiaceae, 4) Myrtaceae, 5) Piperaceae, 6) Arecaceae, 7) Melastomataceae, 8) Araceae, 9) Orchidaceae y 10) Lauraceae. El bosque presenta alturas de hasta 30 m. En él se pueden encontrar tres estratos: el estrato herbáceo, el estrato arbustivo y el estrato arbóreo. En el estrato herbáceo, constituido por alturas de hasta 1 m, las especies dominantes pertenecen a la familia Poaceae. El estrato arbustivo, con hasta 9 m de altura, está representado por las familias Melastomataceae, Rubiaceae y Araceae. En el estrato arbóreo, constituido por alturas mayores a 26 m, las familias dominantes son la Rubiaceae, Myrtaceae y Lauraceae.

La familia Melastomataceae se distribuyó por el sendero ecológico de la RFP Buenavista, vereda El Carmen y presentó hábitos de crecimiento desde arbustos de 4 m hasta árboles de 7 m. Es una de las familias más ricas en especies en bosques andinos y bosques húmedos tropicales, razón por la cual tiene gran importancia ecológica (Villareal *et al.*, 2004). La familia Piperaceae fue la segunda más abundante en el área de estudio (tabla 1). En Colombia, está compuesta por tres géneros, siendo *Piper* el más representativo. Este se distribuye desde 0 hasta 3600 msnm (Bernal, 2019).

El género *Piper* tiene gran importancia económica en la industria alimenticia y farmacéutica gracias a sus propiedades químicas (Parra, 2011). Las familias Araceae y Lycopodiaceae presentaron el menor número de individuos (tabla 1). Por otra parte, entre las epifitas se destaca la familia Bromeliaceae, abundante en

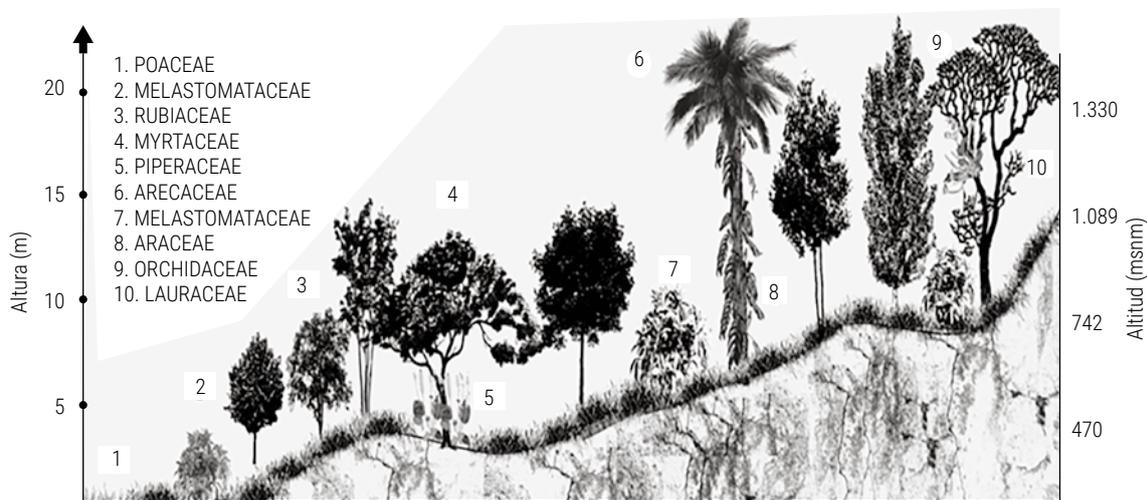


Figura 2. Perfil florístico reserva forestal protectora Buenavista, vereda El Carmen, Villavicencio, Meta, Colombia.

Fuente: elaboración propia.

bosques tropicales donde la humedad relativa es alta. En la reserva se encuentra adherida a los troncos y copas de árboles. Se considera un indicador de la calidad ambiental del aire, ya que es muy susceptible a la variabilidad ambiental y a las cargas contaminantes, por lo cual se ve amenazada por el cambio climático global, lo que influye en el sistema en el que habita (Cach-Pérez *et al.*, 2014).

De acuerdo con la tabla 2, para la RFP Buenavista, sector vereda El Carmen, en un estudio realizado por los estudiantes del Curso de Manejo y Valoración de Ecosistemas (Biología VIII, 2018) se registró un total de cinco familias de plantas correspondientes a seis géneros distintos. De estas familias, tan solo dos se identificaron a nivel de especie: *Vismia baccifera*, que se encuentra en preocupación menor - LC para Colombia, y *Pteridium aquilinum*, reportada como no evaluada según la IUCN (2018).

Pteridium aquilinum es una especie de helecho de amplia distribución en el mundo, muy común en ambientes alterados por las actividades humanas, por ejemplo, en zonas con historial de incendios. Su presencia es muy evidente en las áreas abiertas de casi todo el territorio nacional, principalmente en pastizales y cultivos, de manera que los agricultores y ganaderos la consideran una planta agresiva por su facilidad de propagación (Rodríguez, 2002).

Por tanto, en la revisión del estado de conservación de las especies vegetales presentes en la reserva no se identificaron especies en las categorías de amenaza (tabla 2). Sin embargo, de acuerdo con Cormacarena (2013), se resalta la presencia de las especies *Gustavia hexapétala*, *Dichapetalum spruceanum*, *Licania subrachnophylla* y *Chamaedorea pinnatifrons* en la categoría de preocupación menor (LC). Cabe resaltar que la población de *C. pinnatifrons* se

Tabla 2. Lista de algunos ejemplares de flora registrados en los recorridos por la RFP Buenavista, vereda El Carmen

Grupo	Orden	Familia	Género	Especie	IUCN	Libros rojos
	Zingiberales	Costaceae	<i>Costus</i>			
	Malpighiales	Hypericaceae	<i>Vismia</i>	<i>Vismia baccifera</i>	NE	LC
Plantas	Fabales	Fabaceae	<i>Inga</i>			
			<i>Brownea</i>			
	Polypodiales	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium</i>	<i>Pteridium aquilinum</i>	NE	NE
	Myrtales	Melastomataceae	<i>Tibouchina</i>			
Líquenes	Atheliales	Atheliaceae	<i>Dictyonema</i>			

Categoría de conservación (CR: en peligro crítico; DD: datos insuficientes; EN: en peligro; LC: preocupación menor; NE: no evaluado; NT: casi amenazado; VU: vulnerable). **Fuente:** elaborado por los autores (2019) con base en el informe de la salida de campo a las reservas de Villavicencio II. Estudiantes de Biología, Curso Manejo y Valoración de Ecosistemas. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería.

encuentra reducida por la fragmentación de los bosques en la reserva (Cormacarena, 2013).

Durante el recorrido por la vereda El Carmen se pudieron observar los cambios en la cobertura vegetal (praderas, áreas boscosas cuya cobertura fue modificada en pasturas, bosque montano bajo y bosque húmedo tropical). En la parte baja, comprendida por laderas y pasturas, se desarrollan actividades pecuarias, entre ellas pesebreras y áreas de reposo equino y bovino.

En la figura 3 se muestran las proporciones obtenidas a nivel de formación y tipo de vegetación para cada categoría en función de la elevación altitudinal. El análisis del cambio de uso y cobertura del suelo es crucial para entender los procesos dinámicos de la cobertura del suelo, pérdida de la productividad y biodiversi-

dad, vulnerabilidad a la erosión, deforestación, fragmentación y pérdida del valor de opción de bienes y servicios ambientales. Según Mendoza (2104), a medida que se va ascendiendo por el sendero, la cobertura vegetal se torna cada vez más densa (bosque montano bajo).

Aves

En la RFP Buenavista, vereda El Carmen se registraron 36 especies pertenecientes a 13 órdenes, cuya mayoría (18 especies) se identifica en el orden Passeriformes, agrupada en 7 familias, donde Tyrannidae e Icteridae fueron las más representativas (tablas 3 y 4). La alta riqueza de este orden se debe a que comprende alrededor del 60 % de las aves y se distribuye en todas las regiones del planeta (Medina *et al.*, 2007).

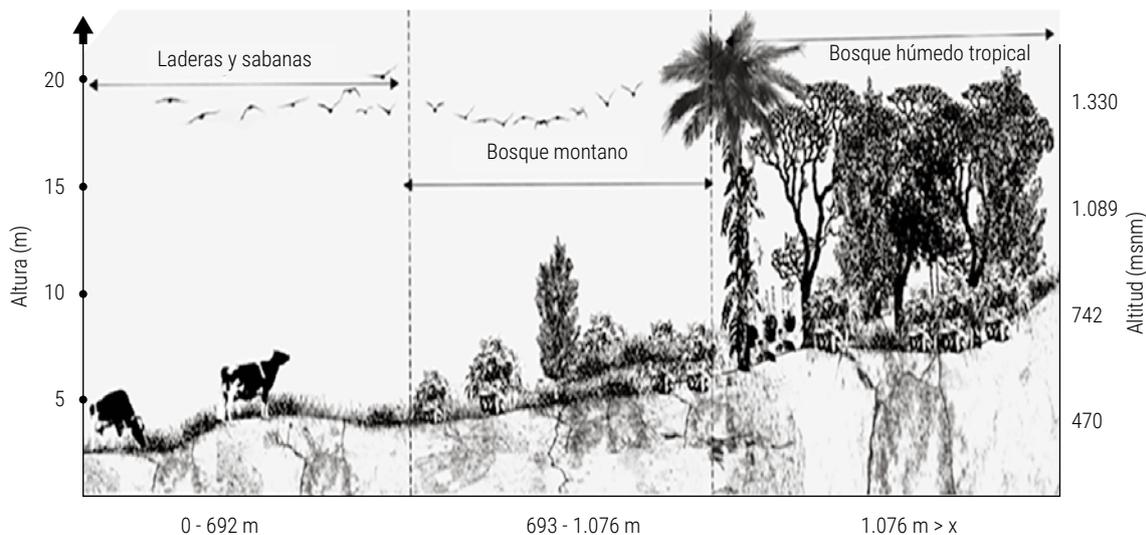


Figura 3. Tipo de uso y cobertura vegetal en función de la elevación altitudinal. Reserva forestal protectora Buenavista, vereda El Carmen, Villavicencio, Meta, Colombia. **Fuente:** elaboración propia.

Las especies identificadas corresponden a especies generalistas, es decir, que tienen la capacidad de desarrollarse en una amplia gama de condiciones ambientales. De acuerdo con la IUCN (2018), todas ellas se encuentran en la categoría de preocupación menor (LC), a excepción de la especie *Ramphastos vitellinus* que está catalogada como vulnerable (VU).

Interacciones ecológicas

En algunas plantas, se evidenció un tipo de interacción ecológica, denominado parasitismo (figura 4), en el cual la planta huésped sufre daño a nivel estructural, principalmente en las hojas. Esto es ocasionado por parásitos que se alimentan del tejido vivo (biotróficos) o provocan

Tabla 3. Lista de aves encontradas durante el recorrido por la reserva forestal protectora Buenavista, vereda El Carmen

Nombre común	Orden	Familia	Especie	TR	IUCN	Libros rojos
Pava llanera	Galliformes	Cracidae	<i>Penelope jacquacu</i>	V	LC	NE
Garza del ganado	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	V	LC	NE
Garza real			<i>Ardea alba</i>	V	LC	NE
Garza ceniza			<i>Ardea herodias</i>	V	LC	NE
Ibis verde		Threskiornithidae	<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	V	LC	NE
Gavilán garrapatero	Falconiformes	Falconidae	<i>Milvago chimachima</i>	V	LC	NE
Caica	Charadriiformes	Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>	V	LC	NE
Tortolita rojiza	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	V	LC	NE
Loro alinaranja	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona amazonica</i>	V	LC	NE
Loro real amazónico			<i>Amazona ochrocephala</i>	V	LC	NE
Garrapatero común	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	V	LC	NE
Tucán picoanalado			<i>Ramphastos vitellinus</i>	V	VU	NE
Tucancillo	Piciformes	Ramphastidae	<i>Pteroglossus castanotis</i>	V	LC	NE
Pichi letreado			<i>Pteroglossus inscriptus</i>	V	LC	NE
Esmeralda coliazul	Apodiformes	Trochilidae	<i>Chlorostilbon alicae</i>	V	LC	NE
Gallinazo	Cathartiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	V	LC	NE
Gavilán gris	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo nitidus</i>	V	LC	NE
Pava hedionda	Opisthocomiformes	Opisthocomidae	<i>Opisthocomus hoazin</i>	V	LC	NE

Categoría de conservación (CR: en peligro crítico; DD: datos insuficientes; EN: en peligro; LC: preocupación menor; NE: no evaluado; NT: casi amenazado; VU: vulnerable). Tipo de Registro (TR): A: auditivo; V: visual. **Fuente:** elaborado por los autores (2019) con base en el informe de la salida de campo a las reservas de Villavicencio II. Estudiantes de Biología, Curso Manejo y Valoración de Ecosistemas. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería.

la muerte antes de alimentarse de él (necrotrofos) (anexo 1). Dado que en esta interacción el parásito obtiene los nutrientes y el agua de la planta huésped, causa una alteración fisiológica en la que se afecta el crecimiento y desarrollo reproductivo de la planta (Soria-Carreras & Soria-Ruiz-Ogarrio, 2017).

Se puede considerar que el parasitismo también actúa como control biológico en cierta

población de plantas, especialmente en aquellas pertenecientes a las familias Rubiaceae y Melastomataceae, tal como se apreció durante el recorrido por el sendero ecológico de la vereda El Carmen. Entre las interacciones ecológicas existen algunas benéficas, como el mutualismo, reflejadas en los polinizadores que prestan un servicio a las plantas al polinizar y obtener alimento de ellas. Un ejemplo de esto son las plantas epifitas, que se adhieren a

Tabla 4. Lista de aves encontradas durante el recorrido por la reserva forestal protectora Buenavista, vereda El Carmen

Nombre Común	Orden	Familia	Especie	TR	IUCN	Libros rojos	
Hormiguero bicolor	Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Gymnopithys leucaspis</i>	V	LC	NE	
Tiranuelo ribereño			<i>Serpophaga hypoleuca</i>	V	LC	NE	
Tiranuelo coronado			<i>Tyrannulus elatus</i>	V	LC	NE	
Bichofué chico		Tyrannidae	<i>Pitangus lictor</i>	V	LC	NE	
Copetón viajero			<i>Myiarchus crinitus</i>	V	LC	NE	
Bichajué			<i>Pitangus sulphuratus</i>	V	LC	NE	
Verderón ojirrojo		Vireonidae	<i>Vireo olivaceus</i>	V	LC	NE	
Mirlo de anteojos amarillos		Turdidae	<i>Turdus nudigenis</i>	V	LC	NE	
Mirla cacao			<i>Turdus fumigatus</i>	V	LC	NE	
Azulejo		Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	V	LC	NE	
Canario del campo			<i>Sicalis columbiana</i>	V	LC	NE	
Cucarachero de laguna		Donacobiidae	<i>Donacobius atricapilla</i>	V	LC	NE	
Colluelo		Corvidae	<i>Cyanocorax violaceus</i>	V	LC	NE	
Arrendajo llanero			<i>Cacicus solitarius</i>	V	LC	NE	
Conoto negro		Icteridae		<i>Psarocolius decumanus</i>	V	LC	NE
Cacique lomiamarillo				<i>Cacicus cela</i>	V	LC	NE
Turpial real				<i>Icterus icterus</i>	V	LC	VU(A2cd)

Categoría de conservación (CR: en peligro crítico; DD: datos insuficientes; EN: en peligro; LC: preocupación menor; NE: no evaluado; NT: casi amenazado; VU: vulnerable). Tipo de Registro (TR): A: auditivo; V: visual. **Fuente:** elaborado por los autores (2019) con base en el informe de la salida de campo a las reservas de Villavicencio II. Estudiantes de Biología, Curso Manejo y Valoración de Ecosistemas. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería.



Figura 4. Parasitismo: a-b) Daño a nivel estructural, principalmente en las hojas. **Fotos:** elaboración propia.

los troncos de los árboles para beneficiarse a sí mismas sin causarles daño alguno (figura 5). Es así como las relaciones tróficas, junto con los componentes abióticos en un entorno, desempeñan un papel en la regulación del crecimiento y distribución de las poblaciones en una comunidad (Arauz, 1998). También hay interacciones, como el comensalismo (anexo 2), en donde una de las partes obtiene un beneficio, mientras que la otra no se ve perjudicada ni beneficiada de esta interacción biológica, tal como ocurre con las bromelias epifitas que viven y crecen sobre otras plantas. Por tanto, esta forma de interacción comensal es el epifitismo observado durante el

recorrido en el área de estudio (anexo 3). Esta interacción abarca principalmente especies de orquídeas, helechos y bromelias (Valverde *et al.*, 2005).

Algunos insectos, como las hormigas arrieras (*Atta* sp.), se alimentan de partes vegetativas frescas de algunos arbustos o árboles de la zona, aprovechando las hojas jóvenes suculentas. Además, transportan material que se encuentra en la cobertura del suelo para cultivar un hongo del cual obtienen su alimento, de manera que continuamente cambian las condiciones de su entorno, tanto para su misma población como para otros organismos.



Figura 5. Plantas epífitas: a) Familia Araceae b) Familia Bromeliaceae. **Fotos:** elaboración propia.

La RFP Buenavista, sector vereda El Carmen presenta múltiples interacciones a nivel ecosistémico, que son ricas en fauna, flora y hongos (anexo 4). En ellas sobresale la especie *Plecturocebus ornatus*, endémica de Colombia, la cual se encuentra clasificada como vulnerable (VU) de acuerdo con la IUCN (2018). Por lo tanto, es necesario que existan planes de conservación ambiental para su protección. Los organismos individuales conviven en comunidades o poblaciones, estos dependen el uno del otro, de hecho, los organismos tienen diferentes interacciones con otros, sean o no de la misma especie y muchas de estas interacciones son esenciales para su supervivencia.

Servicios ecosistémicos

La RFP Buenavista, sector vereda El Carmen es un área turística que presta servicios ecosistémicos al casco urbano de Villavicencio y a siete veredas del sector rural. Dentro de los servicios ecosistémicos que ofrece la reserva, el servicio de abastecimiento de agua potable es fundamental para el desarrollo de la ciudad y el municipio (anexo 5). El Caño Buque y el Caño Maizaro son las corrientes hídricas de mayor importancia. El Caño Buque beneficia un total aproximado de 32.365 personas que, en conjunto, suman 141,1 L/s. El Caño Maizaro aporta 145,58 L/s; de él se abastecen

17.849 habitantes (Cormacarena, 2012; Guzmán-Fierro, 2019).

A continuación, en la tabla 5 se presentan las concesiones de agua otorgadas a Caño Buque y Caño Maizaro.

En la cuenca del Caño Maizaro, las demandas entre concesiones para uso doméstico y de abastecimiento de agua potable, que se realizan en la parte alta de su cuenca antes de su tránsito por el área urbana, y las demandas potenciales para uso agrícola, pecuario y piscícola, que se realizan en su parte baja, suman en total un

caudal de 182 L/s. De estos, 82 L/s (tabla 6) corresponden a demandas ante la autoridad ambiental (Cormacarena) por concesiones en su parte alta antes del área urbana del municipio de Villavicencio para usos domésticos, de servicios y abastecimiento (Cormacarena, 2010).

Así mismo, en esta zona, el servicio cultural es atractivo para caminantes propios y visitantes de todas las edades, ya que promueve la salud y el deporte. Las actividades que se realizan en la vereda son ciclismo, senderismo de montaña o recreación al aire libre, vuelo en parapente, rappel, avistamiento de aves, caminatas religiosas,

Tabla 5. Concesiones de usuarios del recurso hídrico - captaciones legalizadas de Caño Buque

Nombre o razón	Uso	Fuente hídrica	Caudal (L/s)	Resolución
Junta de Acción Comunal Llano Lindo	Doméstico	Caño Buque	4,9	PM.GJ-1.2.6.10.0737 Del 5/05/2010
Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio ESP	Consumo humano y doméstico	Caño Buque	100	PS.GJ-1.2.6.11.0743 Del 29/04/2011
Magrillano S.A.S.	Industrial	Afluente Caño Buque	0,4	PS.GJ-1.2.6.013.1923 Del 6/11/2013
Condominio Villacodem	Doméstico	Afluente Caño Buque	6	PM.GJ-1.2.6.15.1766 Del 7/10/2015
Condominio Alta Gracia	Doméstico	Caño Buque	2,5	PS.GJ-1.2.6.014.1549 Del 15/09/2014
Conjunto residencial El Trapiche P.H	Doméstico y consumo humano	Afluente Caño Buque	1,4	PS.GJ-1.2.6.14.1379 Del 26/08/2014
Portales del Trapiche/Ferglad	Doméstico	Caño Buque	1,4	PS. GJ-1.2.6.016.0059 Del 25/06/2016

Nota: información de puntos de concesión de agua registrados de Caño Buque. Recuperado y modificado de *Oferta hídrica total y disponible, considerando el caudal ambiental y las demandas potenciales*. **Fuente:** Cormacarena (2018); Guzmán-Fierro (2019).

entre otras. Según la Junta de Acción Comunal de la vereda El Carmen, la zona tiene significado histórico y cultural, es ejemplo de conservación ambiental y escenario propio de la vida sana (anexo 6).

Entre los servicios de regulación proporcionados, se encuentra el control biológico de plagas, lo cual es una alternativa al uso de plaguicidas que, desde un enfoque ecosistémico, permite conservar la diversidad de especies y, a su vez, asegurar la producción. También se encuentra la polinización animal, un servicio realizado por algunas especies de insectos, aves y murciélagos. Por otra parte, la zona provee el servicio de apoyo, dado que los bosques son el hábitat de gran variedad de especies, principalmente de los polinizadores importantes en la agricultura (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2018).

Además, los bosques contribuyen a la preservación y mantenimiento de cuerpos de agua,

lo que permite la disponibilidad del recurso que consume la población local. Se debe agregar que estos no solo filtran y limpian el agua, sino que previenen las inundaciones, reducen la erosión del suelo y mitigan el riesgo de deslizamiento (FAO, 2007). Sin embargo, la alta declividad, la escorrentía y los cambios en la cobertura natural del suelo provocan el arrastre de nutrientes, que conduce a la erosión y carreamiento, lo que en últimas da origen a los deslizamientos y, por ende, a la pérdida del suelo (Oliveira *et al.*, 2013).

En consecuencia, los servicios que brindan los ecosistemas son fundamentales para la supervivencia del ser humano y son producto de las interacciones entre los componentes bióticos y abióticos en un sistema. A pesar de los múltiples beneficios, la degradación de los ecosistemas por actividades antrópicas supone el principal problema de amenaza en el mantenimiento de la oferta de servicios (Balvanera, 2012). Por tanto, las acciones para su conservación son indispensables.

Tabla 6. Concesiones de usuarios del recurso hídrico - captaciones legalizadas en la cuenca del Caño Maizaro

Nombre o razón	Fuente hídrica	Caudal (L/s)	Expediente n.o
Luis A. Melo Torres, Corp. Club Villavicencio		15	5.37.04.521 por 10 años
Conjunto residencial Altos Villacodem		4,28	5.37.05.032 por 5 años
Barrio Las Mesetas (120 usuarios)		10	
Barrio La Azotea (218 usuarios)	Caño Maizaro	8	N/R
Hospital Regional (630 usuarios)		10	
Junta de Acción Comunal Barrio Las Américas		14	5.37.2.06.044 por 5 años
E.A.A.V – acueducto urbano		21	130.07.134 por 5 años

Nota: información de puntos de concesión de agua registrados de Caño Maizaro. Recuperado y modificado de *Oferta hídrica total y disponible, considerando el caudal ambiental y las demandas potenciales*. **Fuente:** Cormacarena (2010).

Conflictos

Por otra parte, se han desarrollado zonas totalmente urbanizadas de las comunas 1 y 2 del municipio de Villavicencio dentro de la RFP Buenavista (Cormacarena, 2013), por lo cual fue necesaria una realinderación que fue establecida mediante la Resolución 2103 de 2012 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Cormacarena, 2013). En este proceso, se incluyó al sector vereda El Carmen como parte de la RFP Buenavista, sin embargo, en esta es evidente la alteración de la cobertura vegetal natural como resultado de la acción antrópica a lo largo del tiempo.

42

En la vereda El Carmen, y en general en las demás veredas que hacen parte de la RFP Buenavista, se implementaron cultivos comerciales de caña, café y cacao, de los cuales los pobladores derivaron su subsistencia por muchos años hasta que por la desaparición de estos cultivos, producto de la proliferación de plagas y enfermedades, se inició en el sector la conformación de potreros con pasturas mejoradas, como las *Brachiarias* y la introducción de ganado de doble propósito en áreas de alta pendiente (Vargas & Gutiérrez, 2016). La ganadería hasta el día de hoy se ha constituido en el principal renglón de subsistencia de los habitantes de la zona (ARO - Ecopetrol, 2012).

Como consecuencia, esta actividad ha traído sobrepastoreo, erosión, compactación del suelo, carcavamientos y, por ende, una alta sedimentación presente en los cauces en época de lluvias y una reducción drástica de los caudales en época seca, lo cual se intensificó hasta finales de la década de los 90 (Vargas & Gutiérrez, 2016).

Por otra parte, los diferentes conflictos sociales, atribuidos principalmente a intereses económicos, desprotegen el medio ambiente. Por ejemplo, las plantas de tratamiento de agua,

que no tienen en cuenta normas ambientales para la construcción de infraestructuras cercanas a fuentes hídricas, y las corporaciones de desarrollo ambiental, que no están presentes para realizar los trámites correspondientes, ponen en peligro zonas de gran importancia tanto social como ambiental para el municipio, la región y el país (anexo 7).

A pesar de la importante riqueza hídrica de la reserva, la calidad del agua de los cuerpos de agua es afectada por factores relacionados con la falta de manejo integral de residuos sólidos, la falta de tratamiento de aguas residuales, el uso inadecuado del suelo y el crecimiento de las áreas construidas. A esto se le suma la contaminación proveniente de la vía Bogotá-Villavicencio, caracterizada por la emisión de gases y grasas procedentes de vehículos (Cormacarena, 2013; Lesmes, 2015). Por ello, es necesario someter el agua a procesos de potabilización para el consumo humano, al igual que para la fauna y la flora (Cormacarena, 2013).

Según Ortiz-Moreno & Rodrigues-Pires (2014), para el departamento del Meta, la RFP Buenavista, sector vereda El Carmen está categorizada como una de las regiones con mayor fragilidad ambiental de la ciudad y como una zona de recarga de las aguas subterráneas del piedemonte, por lo que es necesario proteger y preservar la zona, ya que oferta el recurso hídrico para acueductos y bocatomas comunitarias. Así mismo, quienes aprovechan el recurso deben realizar medidas de protección y uso eficiente del agua. Esta área protegida debe ser prioridad de conservación para el departamento. Por esto, la Universidad de los Llanos, en cabeza de la Dra. Martha Lucía Ortiz-Moreno, y los cursos de Valoración y Manejo de Ecosistemas (Biología) y Ecosistemas Tropicales (Ingeniería Agronómica) realizan periódicamente evaluaciones al ecosistema, en las que evidencian las intervenciones que se han realizado.



Caballos que descansan en una zona de la reserva. Foto: A. Álvarez-Salazar





Referencias bibliográficas

- Alcaldía de Villavicencio. (2000). Decreto 353. *Por medio del cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Villavicencio*.
- Alcaldía de Villavicencio. (2012). *Diagnóstico sectorial del suelo en Villavicencio. Expediente municipal*. Unidad XI. Villavicencio.
- Alianza por los recursos de la Orinoquia ARO - Ecopetrol. (2012). *Proyecto sendero ecológico*. Villavicencio: Ecopetrol.
- Arango, C., Dorado, J., Guzmán, D., & Ruiz, J. (2015). *Climatología trimestral de Colombia*. Grupo de Modelamiento de Tiempo, Clima y Escenarios de Cambio Climático, Subdirección de Meteorología-IDEAM. <https://bit.ly/2WQmF9A>
- Arauz, L. (1998). *Fitopatología: un enfoque agroecológico*. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*, 21(1-2).
- Bernal, R., Gradstein, S. R., Celis, M. (2019). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Fecha de consulta: entre enero y junio de 2019. Disponible en: <http://catalogo-plantasdecolombia.unal.edu.co>
- Cach-Pérez, M. J., Andrade, J. L., & Reyes-García, C. (2014). La susceptibilidad de las bromeliáceas epífitas al cambio climático. *Botanical Sciences*, 92(2), 157-168. <https://doi.org/10.17129/botsci.55>
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena - Cormacarena. (2007). *Formulación participativa del plan de manejo de las reservas forestales protectoras "Cerro Vanguardia" y "Caño Vanguardia y quebrada Vanguardiano"*. Villavicencio. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena - Cormacarena. (2010). *Plan de Gestión Ambiental Regional 2010-2019*. Villavicencio, Meta., Colombia.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena - Cormacarena. (2012). *Formulación participativa de los planes de manejo de las Reservas Forestales Protectoras «Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque - Buenavista*. Villavicencio, Meta., Colombia.

- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena - Cormacarena. (2013). *Reserva forestal protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque – “Buenavista”, Plan de manejo - resumen ejecutivo*. Villavicencio, Meta. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena, Fundación para la Conservación del Patrimonio Natural – Bicolombia, Soluciones Ambientales y Sociales Ltda.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena - Cormacarena. (2014). *Áreas protegidas del departamento del Meta*. Villavicencio, Meta. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área Manejo Especial la Macarena. (2018). *Respuesta a radicado 07318*. Villavicencio.
- Departamento Nacional de Estadística. (2018). *Geoportal DANE*. Recuperado de <https://geoportal.dane.gov.co/veredas/>
- Forman, R. T. (1995). Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape ecology*, 10(3), 133-142.
- García, V. (2014). *Análisis y aplicación de estrategias para la recuperación del Caño Buque en Villavicencio, Colombia* [tesis de maestría, Instituto Universitario de Investigación en Ciencia y Tecnologías de la Sostenibilidad, Barcelona]. Repositorio Institucional UPCommons. URI: <http://hdl.handle.net/2117/78359>
- Guzmán Fierro, A. D. (2019). *Estimación del valor económico de los servicios ecosistémicos proporcionados por la vereda El Carmen, ubicada en Villavicencio-Meta, como contribución a la toma de decisiones* [tesis de maestría, Instituto Universitario de Investigación en Ciencia y Tecnologías de la Sostenibilidad, Barcelona]. Repositorio Institucional UPCommons. URI: <http://hdl.handle.net/11634/16820>
- Higgins, S. I., Buitenwerf, R., & Moncrieff, G. R. (2016). Defining functional biomes and monitoring their change globally. *Global Change Biology*, 22(11), 3583-3593. DOI: 10.1111/gcb.13367
- Holdridge, L. R. (1947). Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, 105(2727), 367-368.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2015). *Atlas Climatológico de Colombia. Atlas Interactivo: IDEAM*.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2017). *Mapa de ecosistemas de Colombia. Atlas Interactivo: IDEAM*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2004). *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras. Departamento del Meta*. IGAC.
- Lesmes, O. A. G. (2015). La carretera Bogotá-Villavicencio, su impacto sobre el ordenamiento territorial y el ecosistema. *Revista Luna Azul (On Line)*, (40), 277-292. <https://doi.org/10.17151/luaz.2015.40.18>

- Medina, O. R., Torres, I. H. G., & Mosquera, J. T. R. (2007). Inventario de aves Passeriformes en áreas de expansión urbana en el municipio de Quibdó, Chocó, Colombia: Orfelina Ríos Medina. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó*, 26(1), 79-89.
- Mendoza, P. (2014). *Formulación de una estrategia de educación ambiental para la protección del bosque húmedo tropical ubicado en la vereda del Carmen en el municipio de Villavicencio – Meta, Colombia, Colombia* [tesis de especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional UMNG. URI: <http://hdl.handle.net/10654/12088>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010, 1 de julio). Decreto 2372. *Por el cual se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones.* <https://bit.ly/3FqsJ9Y>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012, 18 de abril). Resolución 475. *Por la cual se sustrae parcialmente la Reserva Forestal Protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque.*
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012, 28 de noviembre). Resolución 2103. *Por la cual se realindera en Área de Reserva Forestal Protectora “Quebrada Honda y caños Parrado y Buque” y se toman otras determinaciones.* <https://bit.ly/2WLFd50>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013, 19 de julio). Resolución 824. *Por la cual se modifica la Resolución 0475 del 18 de abril de 2012.*
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014, 4 de noviembre). Resolución 1762. *Por la cual se adopta el Plan de Manejo de la Reserva Forestal Protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque.*
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2009, 3 de diciembre). Resolución 2350. *Por la cual se sustrae parcialmente la Reserva Forestal Protectora Quebrada Honda y Caños Parrado y Buque, constituida mediante Resolución No. 59 de abril 4 de 1945 y se toman otras determinaciones.*
- Ministerio de la Economía Nacional. (1945, 4 de abril). Resolución 59. *Por la cual se señala una zona de reserva forestal.*
- Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2009, 24 de junio). Decreto 2350. *Por medio del cual se reglamenta la transición de los Planes de Acción de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible prevista en el párrafo del artículo 3° de la Ley 1263 de 2008.* Diario Oficial 47.391.
- Montoya, J., Ruiz, D. M., Andrade, G., Matallana, C., Díaz Timoté, J. J., Azcárate, J., & Areiza, A. (2018). Visión integral para la gestión de las áreas protegidas urbanas en Colombia. *Biodiversidad En La Práctica*, 3(1), 52–72. Recuperado a partir de <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/549>

Odum, E. P. & Warrett, G. W. (2006). *Fundamentos de ecología* (5.ª ed). Cengage Learning Editores.

Oliveira, V. P., Semedo, J. M., & de Oliveira, H. P. (2013). Análisis comparativo de los indicadores geobiofísicos de desertificación de la isla de Santiago-Cabo Verde (África) y en la región de los Inhamuns (Ceará-Brasil). *Zonas Áridas*, 15(2), 226-243.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2007). *Los bosques y el agua*. <https://bit.ly/3iyOxqg>

Ortiz-Pérez M.A., Siebe C., Cram S. (2005). Diferenciación ecogeográfica de Tabasco. En: Bueno J, Álvarez F, Santiago S (Eds) *Biodiversidad del estado de Tabasco*. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. México DF. pp: 305-322.

Parra, J. (2011). *Contribución al estudio fitoquímico de la parte aérea de Piper cf. cumanense Kunth (Piperaceae)* [trabajo de grado - maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional Biblioteca Digital - UN. URI: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10852>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad*. <https://bit.ly/3oE1d2U>

Ortiz-Moreno, M. L., & Rodrigues-Pires, J. S. (2014). Aplicación de la legislación ambiental y territorial en municipios capitales: estudio de caso Villavicencio (Colombia). *Orinoquia*, 18(2), 130-148.

Ortiz-Moreno, M.L. (2015). *Análise da interação entre ordenamento territorial e biodiversidade: estudo de Estratégias caso em Villavicencio (Meta, Colômbia)* [tese de doutorado em Ciências (Ciências Biológicas) na Área de Concentração em Ecologia e Recursos Naturais, Programa de Pós-Graduação em ecologia e recursos naturais, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos]. Repositorio Institucional UFS-Car. URI: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/1844>

Renjifo, L. M., Gómez, M. F., Velásquez-Tibatá, J., Amaya-Villarreal, Á. M., Kattan, G. H., Amaya-Espinel, J. D., & Burbano-Girón, J. (2017). *Libro rojo de aves de Colombia, Volumen I: bosques húmedos de los Andes y la costa Pacífica*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt.

Rodríguez, W. (2002). *Helechos, licopodios, selagines y equisetos del parque regional Arví*. CORANTIOQUIA.

Rueda-Almonacid, J. V., Lynch, J. D., & Amézquita, A. (2004). *Libro rojo de los anfibios de Colombia*. Conservación Internacional Colombia.

Soria-Carreras, S., & Soria-Ruiz-Ogarrio, S. (2017). *Determinación del estado sanitario de las plantas, suelo e instalaciones y elección de los métodos de control*. Ediciones Paraninfo.

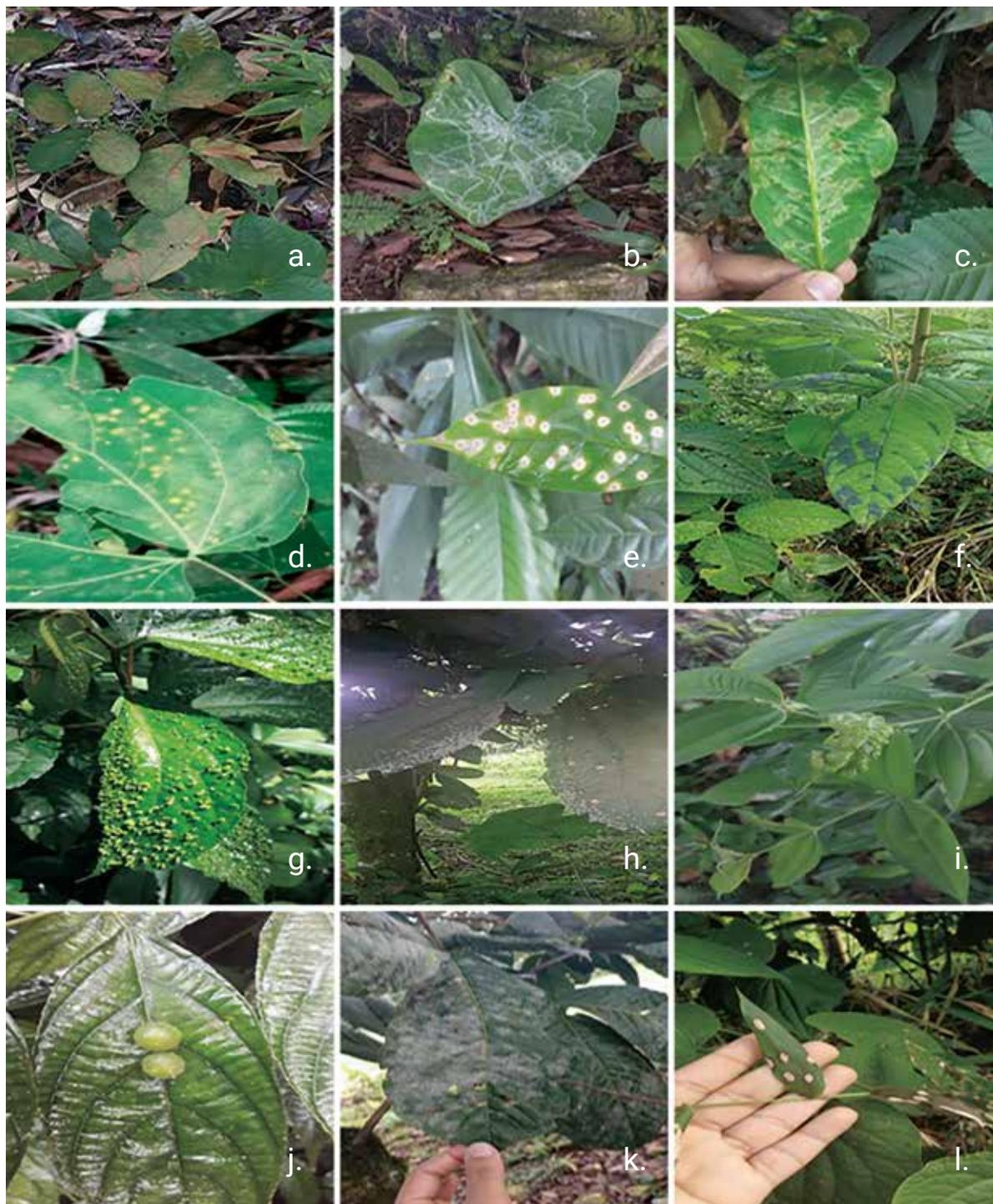
- Torres, J. (2018). *Caracterización del paisaje de piedemonte identificando los cambios de cobertura vegetal Villavicencio, Meta, años 2000-2016* [trabajo de grado de Ingeniería Ambiental. Universidad Santo Tomás. Villavicencio]. Repositorio Institucional USTA. URI: <http://hdl.handle.net/11634/15387>
- Trzyna T. (2014). Urban protected areas: profiles and best practice guidelines. Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 22, *Gland, Switzerland*: IUCN. XIV +110.
- Ulloa-Barreto, L. D. (2018). *Propuesta de alternativas de manejo adecuado para actividades productivas en la ruta caminera de la vereda el Carmen-reserva Buenavista, Villavicencio-Meta* [trabajo de grado de Ingeniería Ambiental. Universidad Santo Tomás. Villavicencio]. Repositorio Institucional USTA. URI: <http://hdl.handle.net/11634/13767>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2018). *The IUCN Red List of Threatened Species IUCN*. <http://www.iucnredlist.org>
- Valverde V, T., Meave del Castillo, J. A., Carabias Lillo, J., & Cano Santana, Z. (2005). *Ecología y medio ambiente*. Editorial Pearson Educación de México SA de CV.
- Vargas Chezar, Y., & Gutiérrez Méndez, H. M. (2016). *Análisis Socioeconómico y de Estrategias de Control de Impacto Turísticos en el Área Protegida de la Vereda el Carmen Villavicencio 2015-2016*. [trabajo de grado. Universidad de los Llanos. Villavicencio]. Repositorio Institucional Universidad de los Llanos. URI: <https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/1036>
- Villareal, H. M., Álvarez, M., Córdoba-Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. & Umaña, A. M. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Zavala-Cruz, J., Jiménez Ramírez, R., Palma-López, D. J., Bautista Zúñiga, F., & Gavi Reyes, F. (2016). Paisajes geomorfológicos: base para el levantamiento de suelos en Tabasco, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 3(8), 161-171.

Anexos



Anexo 1

Interacciones ecológicas: RFP Buenavista, vereda El Carmen. Parasitismo: a-c-d-e-f-h-l) Daño a nivel estructural, principalmente en las hojas, por una infección fúngica; b-g-i-j-k) Planta huésped sufre daño a nivel estructural, principalmente en las hojas. Fotos: Vélez-López (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l).



Anexo 2

Interacciones ecológicas: RFP Buenavista, vereda El Carmen. Comensalismo: a-b-c) La abeja angelita anida en cavidades de troncos de árboles o en muros; d-e-f-g) Arbusto proporciona refugio y alimento a las hormigas, mientras estas lo protegen; h-i) Las arañas fabrican sus telarañas en las hojas y troncos de los árboles; j) Individuo de la familia Araceae sobre un árbol; k) Termitas en un árbol; l) Panal de avispas vaqueras. Fotos: Vélez-López (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l).

2023

52



Anexo 3

Interacciones ecológicas: RFP Buenavista, vereda El Carmen. Epifitismo: a-b-c) Variedad de líquenes en un árbol; d) Interacción entre aráceas, que habitan sobre un árbol; e-f-g) Plantas epifitas, líquenes, musgos, helechos y Piperaceae epífita, que habitan sobre un árbol y tienen función fotosintética; h-i-j-k-l) Interacción entre bromelias, que habitan sobre un árbol. Fotos: Vélez-López (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l).



Anexo 4

Fauna-insectos: RFP Buenavista a-b-c-g) Arañas carnívoras (orden Araneae); d) Coccinellidae. Coleópteros polípagos; e) Chinche (Hemiptera); f) Cerambycidae. *Chlorida* sp.; h) Calopterygidae. *Mesamphigrion laterale*; i-l) Chrysomelidae. Crisomélidos; j-k) Milpiés aplanados (orden Polydesmida). Fotos: Vélez-López (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l).

2023

54



Cont. Anexo 4

Fauna-insectos: RFP Buenavista a) Nymphalidae. *Anartia jatrophae*; b-k) Larvas de mariposas (orden: Lepidoptera); c) Romaleidae. *Chromacris speciosa*; d) Mosca (orden: Diptera); e) Chinche (orden: Hemiptera); f) Hormiga (familia: Formicidae); g) *Chrysomelidae*. *Alagoasa* sp.; h-l) Phasmatidae. Insectos palo; i) Nymphalidae. *Biblis hyperia*; j) Araña depredadora (orden: Araneae). Fotos: Vélez-López (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l).

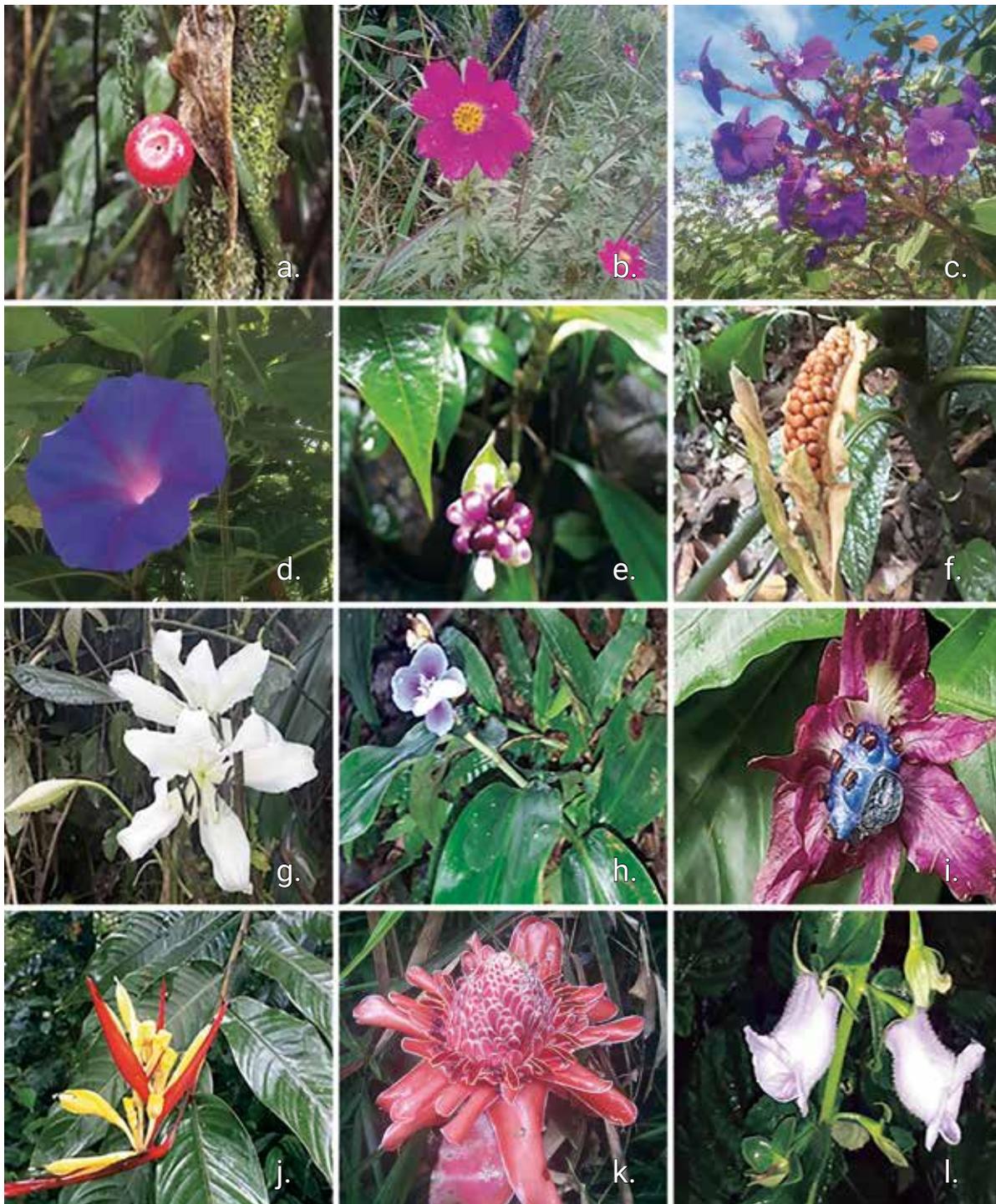


Cont. Anexo 4

Flora: familias de plantas vasculares RFP Buenavista. a) Araceae. Trepadora con raíces aéreas; b) Asteraceae (también conocida como Compositae); c) Commelinaceae. *Tibouchina* sp.; d) Convolvulaceae. *Ipomoea purpúrea*; e-h-i) Commelinaceae. Hierbas carnosas; f) Araceae. Hierba terrestre; g) Zingiberaceae. Planta herbácea; j) *Heliconiaceae*. *Heliconia* sp.; k) Zingiberaceae. *Etilingera elatior*; l) Gesneriaceae. *Gloxinia perennis*. Fotos: Vélez-López (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l).

2023

56



Cont. Anexo 4

Flora: familias de plantas vasculares RFP Buenavista. a-g) Gesneriaceae. Hierba; b) Verbenaceae. *Lantana cámara*; c) Balsaminaceae. Flores zigomorfas; d-f-i) Acanthaceae. *Ruellia* sp.; e) Myrsinaceae. Arbustos de hojas alternas, sin estípulas; h) Commelinaceae. Hierbas carnosas; j) Costaceae. *Dimerocostus* sp.; k) Bromeliaceae. *Aechmea* sp.; l) Fabaceae-Caesalpinioideae. *Cassia moschata*. Fotos: Vélez-López (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l).



Anexo 5

Servicios ecosistémicos: RFP Buenavista. Provisión o abastecimiento: alimento, agua dulce, materias primas de origen biótico y geótico, acervo genético, medicinas naturales. Fotos: Vélez-López (a, b, c, d, e); Rojas-Rodríguez (f, g, h); Ávila-Leguizamo (i, j, k, l).

2023

58



a.



b.



c.



d.



e.



f.



g.



h.



i.



j.



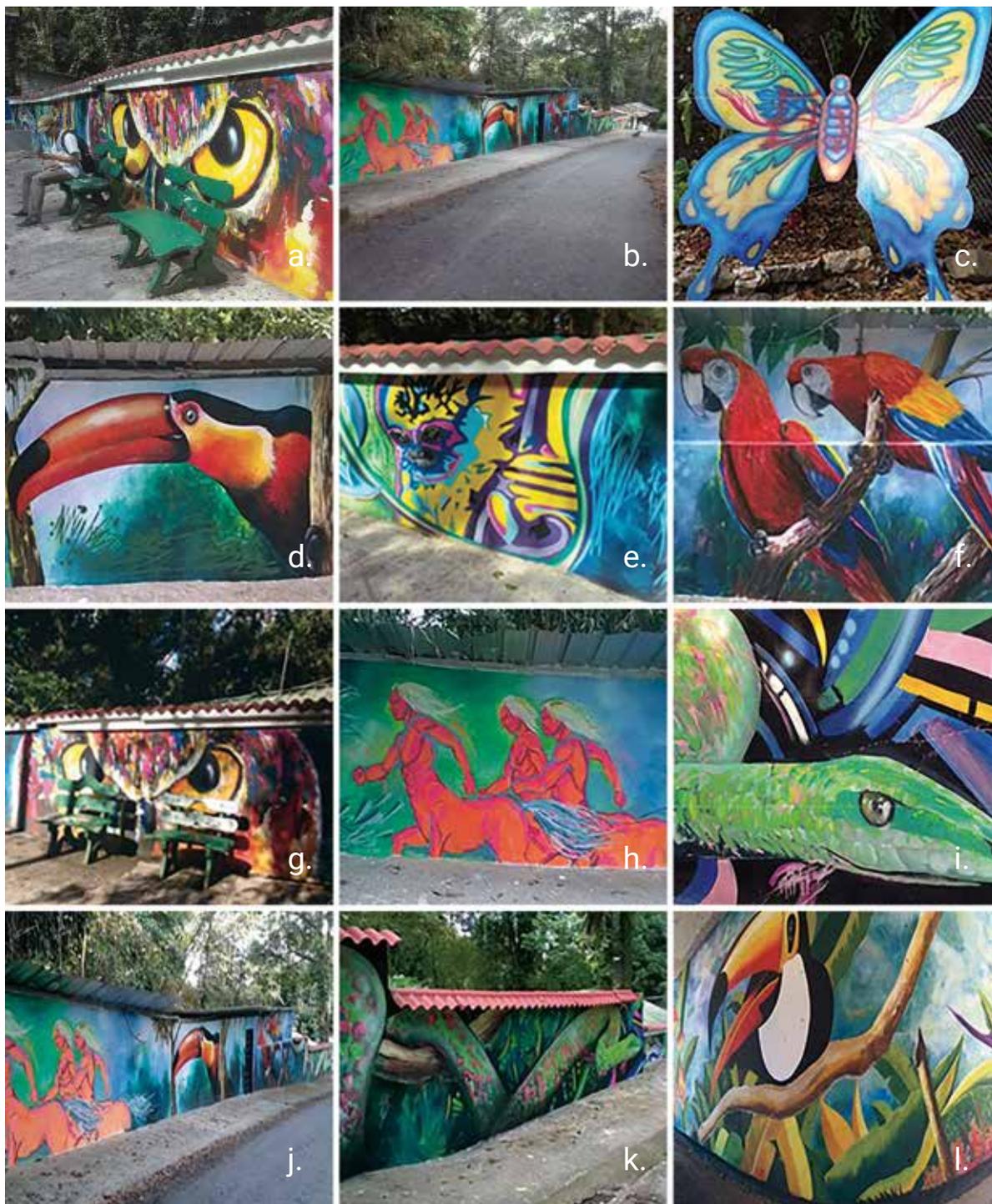
k.



l.

Anexo 6

Servicios ecosistémicos: RFP Buenavista. Culturales: educación ambiental, conocimiento científico, conocimiento ecológico local, identidad cultural y sentido de pertenencia, disfrute espiritual, disfrute estético, actividades recreativas y turismo de naturaleza. Fotos: Vélez-López (a, c, d, e, f, g, i, j, k, l); Salazar-Florián (b, h).



Cont. Anexo 6

Servicios ecosistémicos: RFP Buenavista. Culturales: educación ambiental, conocimiento científico, conocimiento ecológico local, identidad cultural y sentido de pertenencia, disfrute espiritual, disfrute estético, actividades recreativas y turismo de naturaleza. Fotos: Hoyos-Velásquez (a, c, b, d, e, f); Barreiro (g); Vélez-López (h, i); Ávila-Leguizamo (j); Reina-Bejarano (k, l).

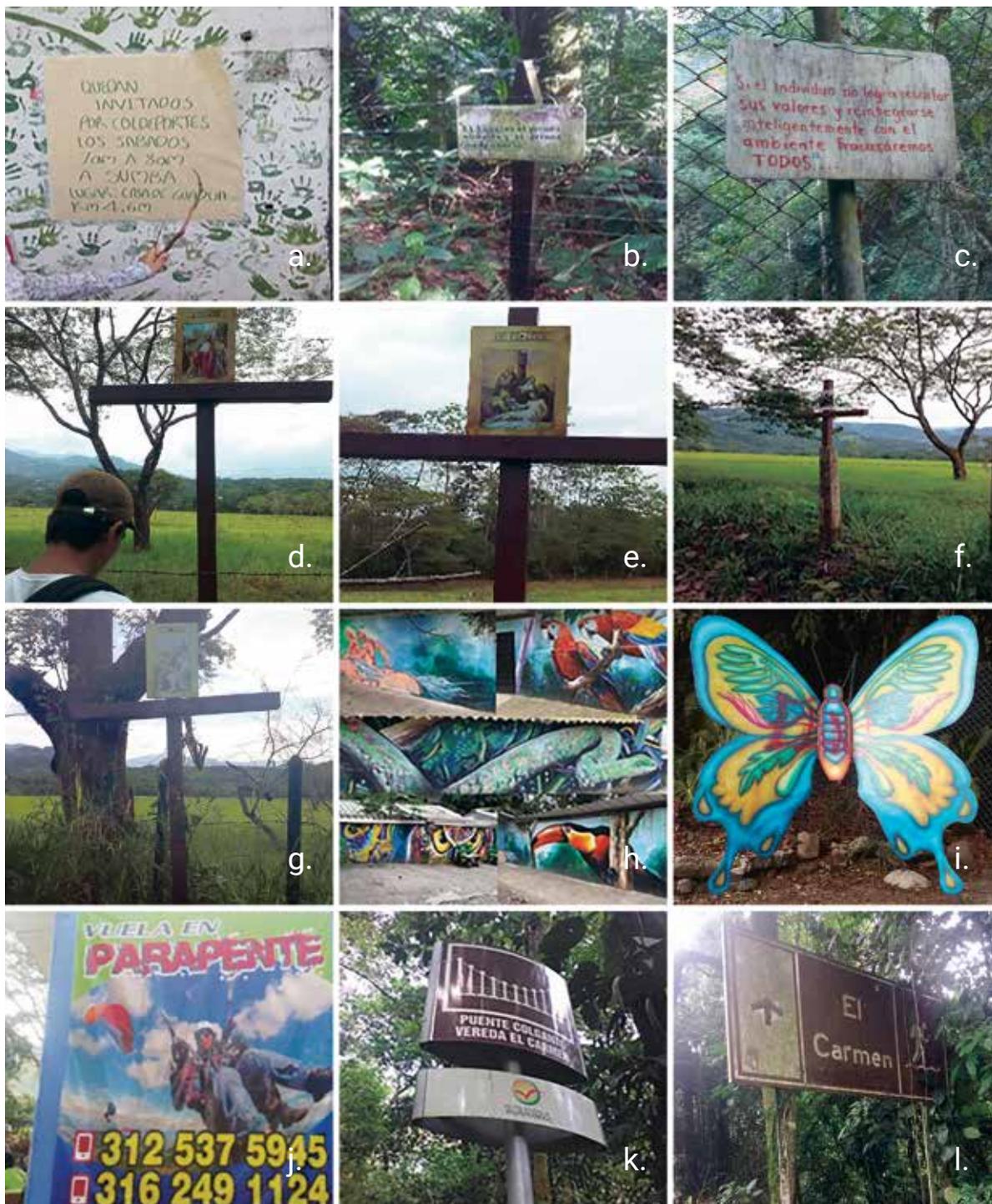
2023

60



Cont. Anexo 6

Servicios ecosistémicos: RFP Buenavista. Culturales: educación ambiental, conocimiento científico, conocimiento ecológico local, identidad cultural y sentido de pertenencia, disfrute espiritual, disfrute estético, actividades recreativas y turismo de naturaleza. Fotos: Salazar-Florián (a, b, c, d, e, k, l), Vélez-López (f, g, h, i, j).



Cont. Anexo 6

Servicios ecosistémicos: RFP Buenavista. Culturales: educación ambiental, conocimiento científico, conocimiento ecológico local, identidad cultural y sentido de pertenencia, disfrute espiritual, disfrute estético, actividades recreativas y turismo de naturaleza. Fotos: Curso Ecosistemas Tropicales- Ingeniería Agronómica, Universidad de los Llanos (a, b, c, d, e, f); Ávila-Leguizamo (g); Vélez-López (h, i); Álvarez-Salazar (j, k, l).

2023

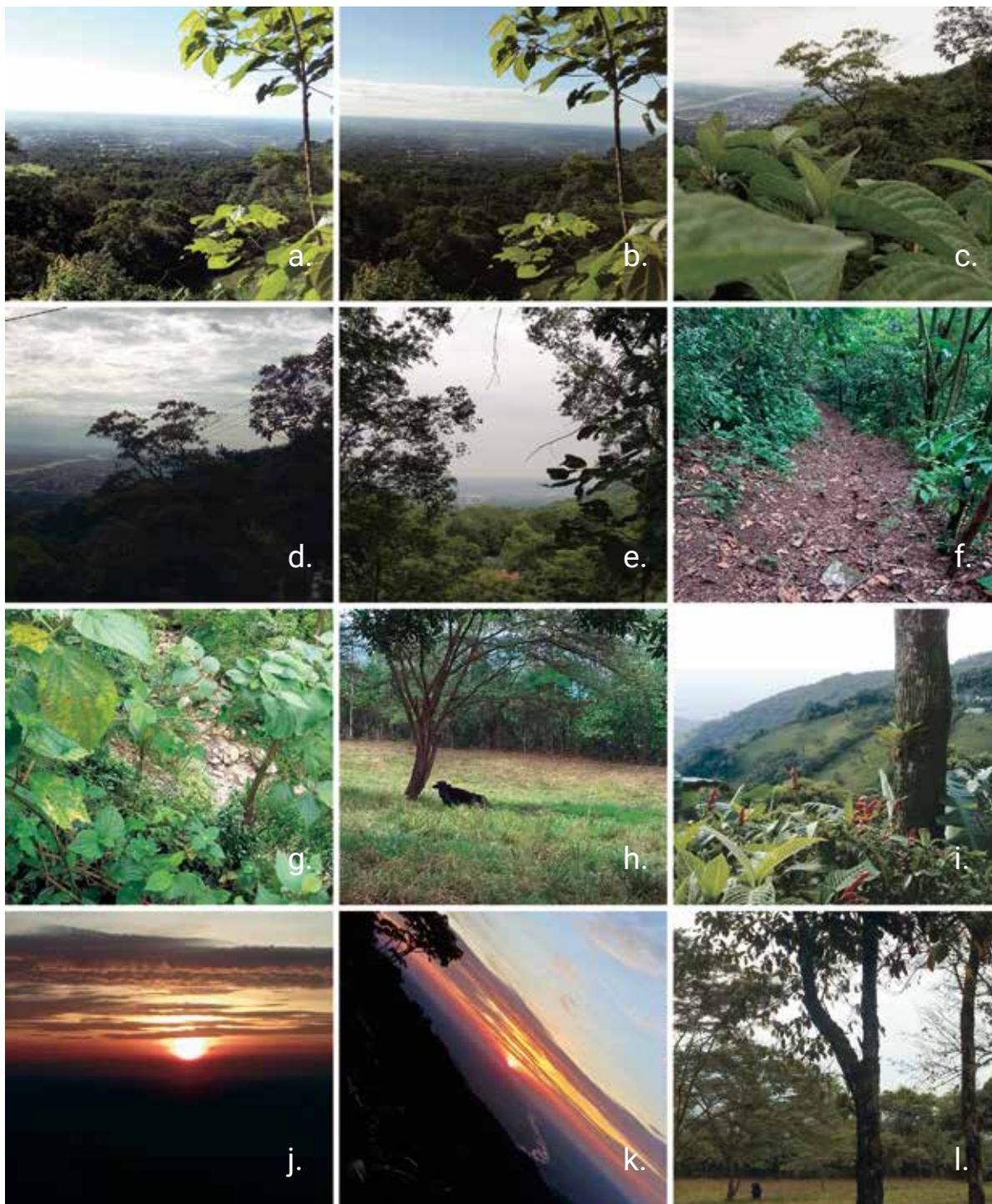
62



www.editorial.unillanos.edu.co

Cont. Anexo 6

Servicios ecosistémicos: RFP Buenavista. Culturales: educación ambiental, conocimiento científico, conocimiento ecológico local, identidad cultural y sentido de pertenencia, disfrute espiritual, disfrute estético, actividades recreativas y turismo de naturaleza. Fotos: Barrero-Gómez (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l).

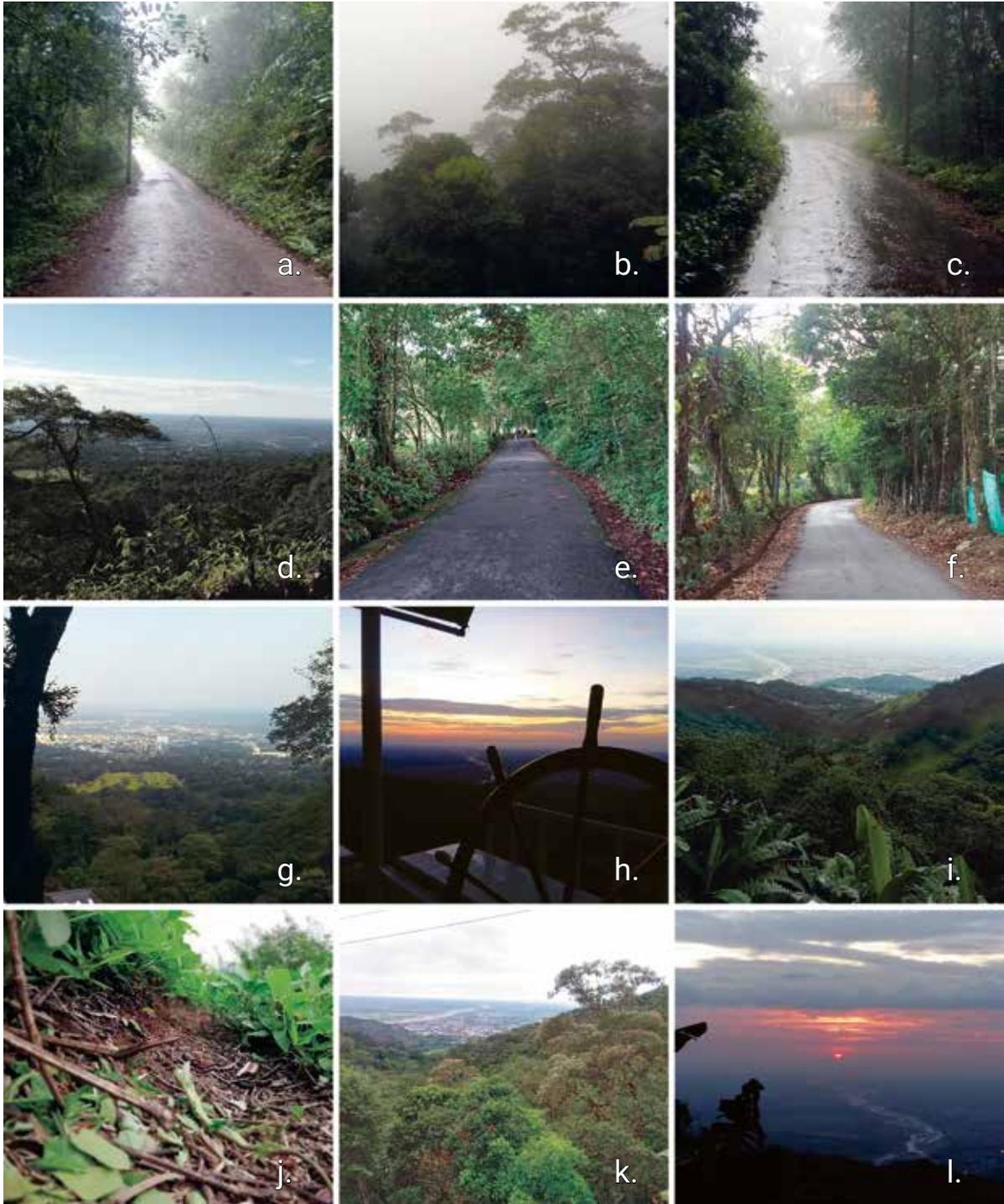


Cont. Anexo 6

Servicios ecosistémicos: RFP Buenavista. Culturales: educación ambiental, conocimiento científico, conocimiento ecológico local, identidad cultural y sentido de pertenencia, disfrute espiritual, disfrute estético, actividades recreativas y turismo de naturaleza. Fotos: Barrero-Gómez (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l).

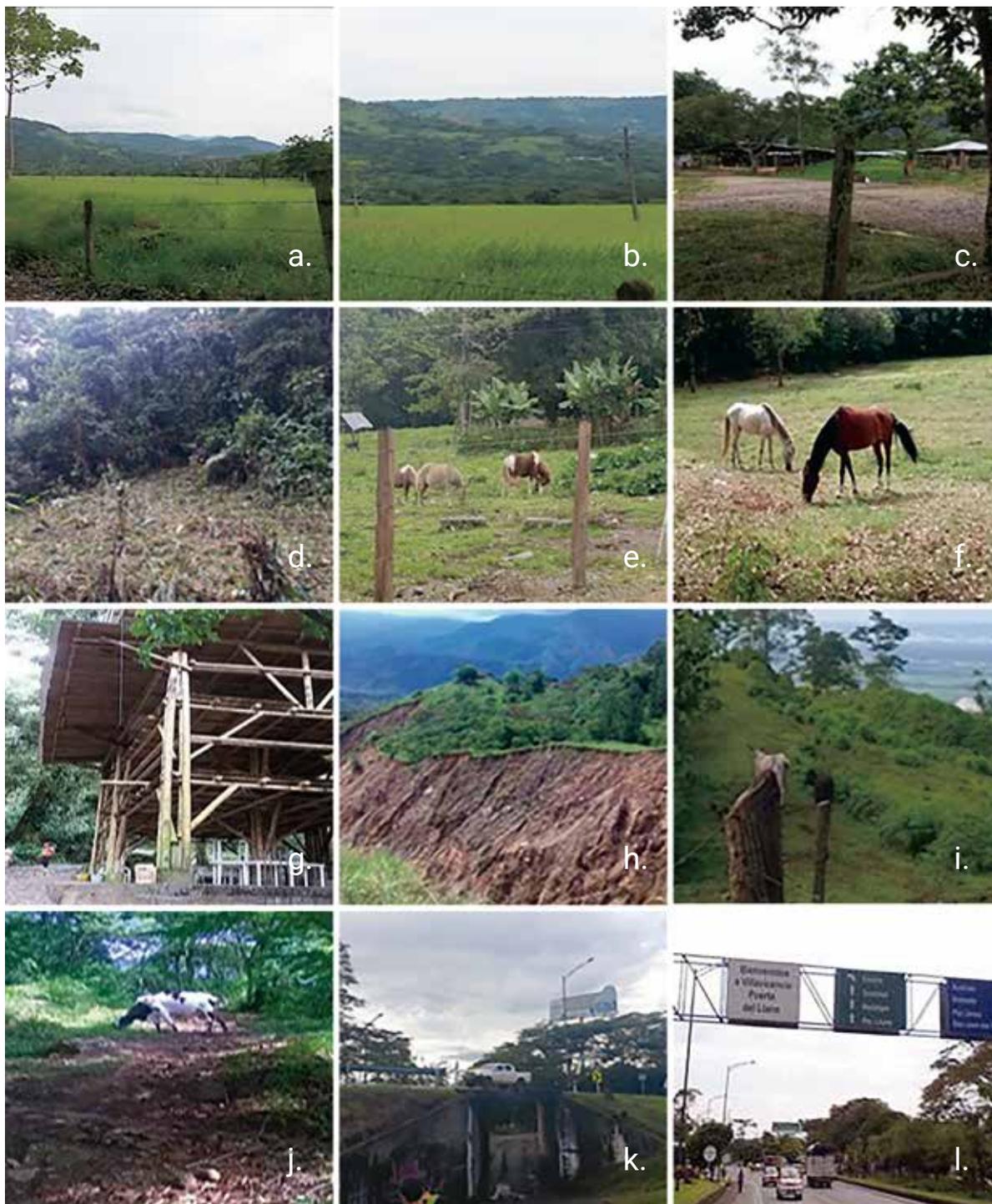
2023

64



Anexo 7

Uso y conflictos del suelo: principales problemáticas evidenciadas en el sendero ecoturístico de la vereda El Carmen, RFP Buenavista. Fotos: Hoyos-Velásquez (a, b, c); Vélez-López (d, k); Ávila-Leguizamo (e, f, g, h, i, j, l).

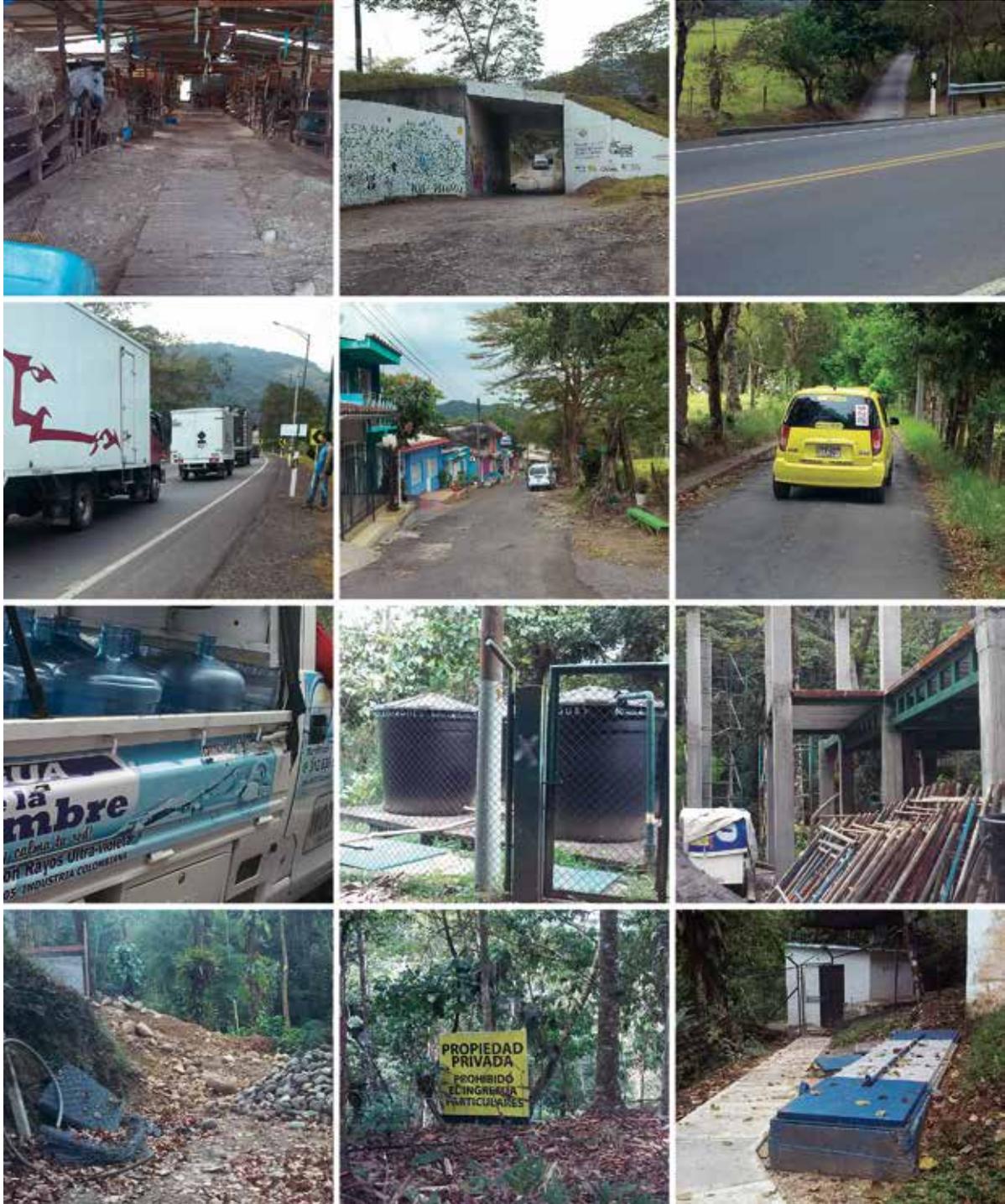


Cont. Anexo 7

Uso y conflictos del suelo: principales problemáticas evidenciadas en el sendero ecoturístico de la vereda El Carmen, RFP Buenavista. Fotos: Hoyos-Velásquez (a, b, c); Vélez-López (d, k); Ávila-Leguizamo (e, f, g, h); Salazar-Florián (i, j, l).

2023

66







Vista panorámica ciudad de Villavicencio. Foto: A. Álvarez Salazar



Parte 2

Estado actual de las reservas forestales protectoras Cerro Vanguardia y Quebrada Vanguardia y Caño Vanguardiuno

Resumen

Las reservas forestales protectoras en Colombia son unidades de conservación, que prestan servicios ambientales a la población que habita en sus cercanías. Además, son valiosas en términos de biodiversidad. El presente trabajo pretende analizar el estado y los conflictos ambientales de las reservas forestales protectoras Cerro Vanguardia y Quebrada Vanguardia y Caño Vanguardiuno (RFP Vanguardia-Vanguardiuno). Para cumplir con estos objetivos, se realizaron salidas de campo en las que se visitaron las RFP Vanguardia-Vanguardiuno, con el fin de describir sus características y afectaciones. Se registró un total de nueve familias de plantas correspondientes a nueve géneros, de los cuales solo dos se identificaron hasta el nivel de especie.

En cuanto a las aves, se identificaron 19 especies, 12 familias y cinco órdenes. El orden con mayor número de familias fue Paseriformes, con ocho familias. También se observó la presencia de dos especies de hongos, considerados como bioindicadores. La temperatura medida en la reserva osciló entre 22 y 25 °C, con humedad relativa promedio del 78,0 %. Estas condiciones propician el ambiente adecuado para una gran diversidad de plantas y hongos. Se identificó que las mayores afectaciones en las reservas son la mala disposición de los residuos sólidos, la construcción de vías y la ampliación del área urbana, las cuales disminuyen la belleza escénica del paisaje y la oferta de servicios ecosistémicos.

Palabras clave: bioindicadores, Orinoquia, reserva forestal.

Introducción

Las reservas forestales protectoras (RFP) Cerro Vanguardia y Quebrada Vanguardia y Caño Vanguardiuno (RFP Vanguardia-Vanguardiuno) se encuentran localizadas en la vertiente oriental de la cordillera Oriental, en el municipio de Villavicencio, departamento del Meta. Juntas abarcan un área de 720 ha, en un rango altitudinal entre los 380 y 830 msnm. Conforman la red de drenaje de la cuenca de la Quebrada Vanguardia y los caños Pozo Azul, Vanguardiuno, Toldaviuno y Puente Amarillo, que desembocan en el río Guatiquía y abastecen a la población local (Cormacarena, 2007; Cormacarena, 2014). En cercanías se encuentra la vía Troncal del Llano que conecta el municipio con los departamentos de Arauca y Casanare, así como vías menores que conducen al caserío de Pozo Azul, a la vereda Puente Amarillo y al pueblo de Monfort (Cormacarena, 2007).

La RFP Quebrada Vanguardia y Caño Vanguardiuno cuenta con una superficie de 520 ha que abarca las veredas Puente Amarillo, San José Alto y Vanguardia (Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, 1987; Cormacarena, 2007). Como área protegida de carácter nacional, tiene por objetivo la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales que, en conjunto, ofrecen los servicios ecosistémicos. Sin embargo, es visible la fragmentación y transformación de la cobertura natural que ha sufrido el piedemonte. A pesar de ello, estas áreas protegidas representan

un refugio para la vida silvestre (Cormacarena, 2007). Por tanto, el presente trabajo pretende analizar el estado y los conflictos ambientales en las RFP Vanguardia-Vanguardiuno.

Antecedentes jurídicos

Las áreas protegidas del municipio de Villavicencio se encuentran localizadas principalmente en el piedemonte de la cordillera Oriental (Ortiz-Moreno, 2014) y fueron declaradas y homologadas por Cormacarena con base en el Decreto 2372 de 2010. La RFP Quebrada Vanguardia y Caño Vanguardiuno cuenta con un área total de 520 ha, fue creada por el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (Inderena) el 27 de agosto de 1987, mediante el Acuerdo 57, y aprobado por el presidente de la República a través de la Resolución 84 del 13 de mayo de 1988. Por su parte, la RFP Cerro Vanguardia fue declarada por el Inderena mediante el Acuerdo 34 del 01 de agosto de 1984 y aprobada por la presidencia de la República a través de la Resolución Ejecutiva 244 del 10 de diciembre de 1984, con el fin de conservar y proteger el recurso hídrico que surte a los acueductos de la comunidad local, así como evitar desastres naturales relacionados con deslizamientos. Su ubicación es netamente rural y posee una extensión total de 200 ha (Cormacarena, 2015; Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio, 2018).

Materiales y métodos

Área de estudio

Las RFP Vanguardia-Vanguardiuno se encuentran ubicadas en la vía antigua hacia el Aeropuerto Nacional Vanguardia, en el municipio de Villavicencio, departamento del Meta, con una extensión geográfica de 720 ha (figura 6), en un rango altitudinal entre los 380 y 830 msnm (Alcaldía de Villavicencio, 2015). Presenta temperaturas de 27-28 °C y una humedad relativa media del 69 %-74 %. Las reservas presentan tres tipos de ecosistemas distribuidos en forma regular: bosques primarios intervenidos, bosques secundarios maduros y bosques secundarios jóvenes.

Fase de campo

Se realizó una salida de campo en la que se visitaron las RFP Vanguardia-Vanguardiuno, con el fin de describir sus características y afectaciones. Para esto, se recorrieron los caminos disponibles dentro de las RFP y se registraron las intervenciones observadas.

Por otra parte, se realizaron descripciones generales de la vegetación presente en cada sitio, teniendo en cuenta algunos parámetros de estructura vertical y horizontal en comunidades vegetales, como diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura. Cabe mencionar que las descripciones se realizaron con base en la observación y aproximación de tales medidas. También, se identificaron plantas cuya presencia ofrece información ecológica adicional.

En los recorridos se registraron todos los macrohongos presentes (algunos fueron colecta-

dos e ingresados a la colección del Herbario de la Universidad de los Llanos), debido a la importancia ecológica de este grupo y su papel como bioindicadores, a partir de los cuales es posible obtener información que permite analizar procesos de ciclaje de materia orgánica en los ambientes visitados.

Además, se registró la fauna observada de los grupos taxonómicos de artrópodos, aves y, ocasionalmente, anuros, dado que el estado de amenaza de las especies presentes en las RFP constituye información indispensable para evaluar el efecto de las intervenciones antrópicas en las áreas protegidas.

Toma de datos

Durante los recorridos se tomaron mediciones de humedad relativa, temperatura, pH y luminosidad en al menos dos puntos dentro de cada recorrido, mediante un termohigrómetro y un potenciómetro portátil, respectivamente. Las coordenadas geográficas y la altitud se registraron con ayuda de un GPS. La luminosidad se calculó con la aplicación GPS status y se realizó un registro fotográfico en los puntos donde se encontraron afectaciones. Allí se realizaron las mediciones de las variables ambientales y de los componentes de la biodiversidad. Finalmente, durante el recorrido se registraron los principales impactos antrópicos encontrados dentro de las reservas con el fin de compararlos con la bibliografía (Holguín *et al.*, s. f.).

Análisis de datos

Los datos se organizaron en tablas o fotografías de los registros de fauna y flora y de los impactos antrópicos registrados en las RFP,

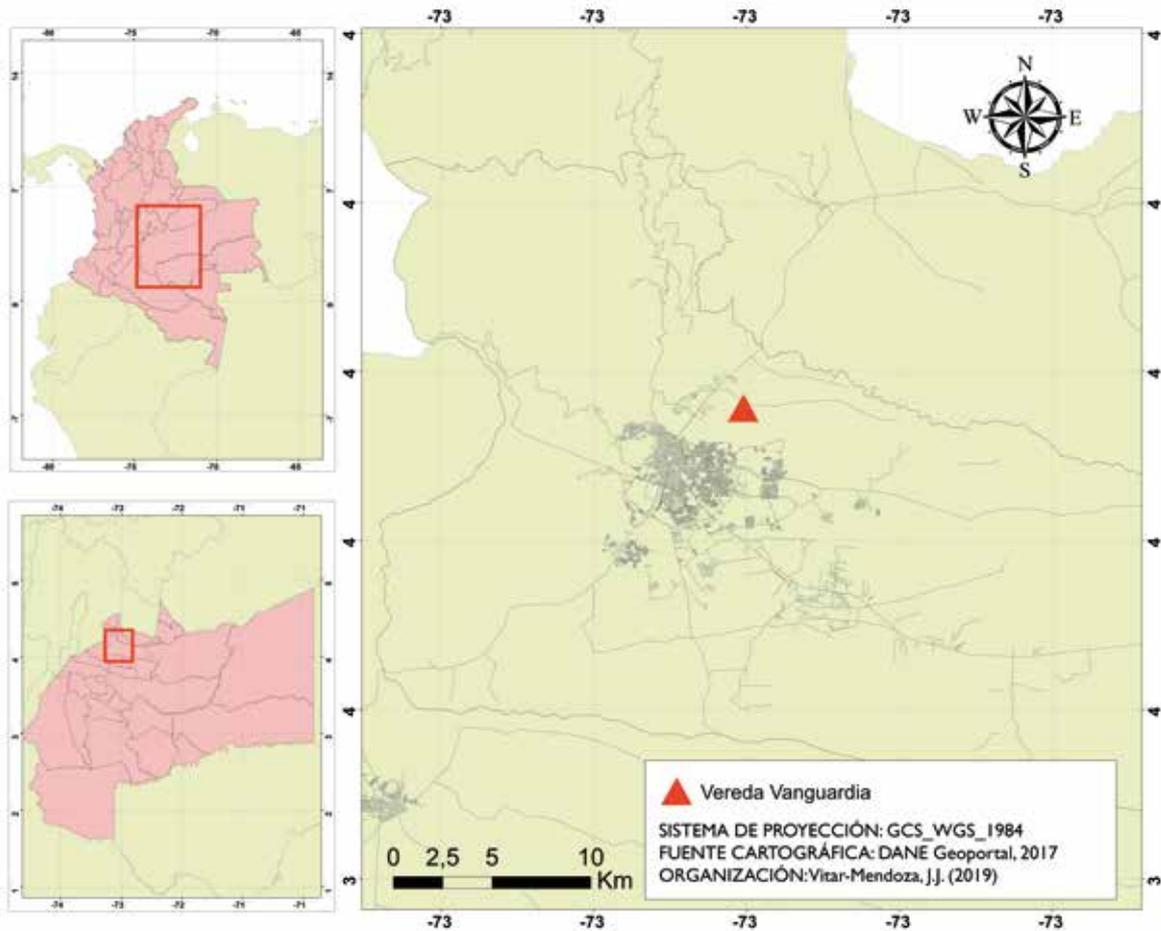


Figura 6. . Mapa de localización del área de estudio vereda Vanguardia. Fuente: J. Vitar-Mendoza (elaboración propia).

con el fin de realizar comparaciones de las principales intervenciones que se encuentran relacionadas con las reservas y su incidencia en cada una de ellas. También se realizaron comparaciones de las temperaturas mínimas y máximas registradas, del porcentaje de humedad relativa y del registro de individuos de los grupos taxonómicos observados.

A continuación, se presentan las características de las RFP Vanguardia-Vanguardiuno.

Características abióticas

Clima

Las RFP Vanguardia-Vanguardiuno presentan un clima cálido superhúmedo, con piso térmico húmedo (zonas altas) y semihúmedo (zonas bajas), según la clasificación de Caldas-Lang. También presenta dos zonas de vida: bosque húmedo tropical (bh-T) y bosque pluvial premontano (bp-PM), de acuerdo con la clasificación climáti-

ca de Holdridge (Cormacarena, 2007). La temperatura varía entre 24,2 y 27,1 °C, con un régimen de lluvias monomodal, precipitaciones anuales que superan los 4000 mm y evapotranspiración real anual de 1468,8 mm. La época seca se da entre diciembre y marzo, mientras que la época lluviosa es entre abril y julio y disminuye de agosto a noviembre (Cormacarena, 2007; Arango *et al.*, 2014; IDEAM, 2015). Cabe resaltar que los factores climáticos, especialmente la precipitación, influyen directamente en la condición de estabilidad de las laderas en el piedemonte y en la zona de recarga de acuíferos por los excesos de agua en el suelo, por lo que la cobertura vegetal es necesaria para disminuir el riesgo de deslizamiento y mantener el balance hídrico.

Geología

El área donde se encuentran las RFP tuvo su origen geológico en la formación de la cordillera Oriental, de donde provienen los sedimentos que componen las actuales geoformas de la región. El mayor aporte de sedimentos resultó de la actividad volcánica en la cordillera Central en inicios del Terciario. Sin embargo, es a comienzos del Pleistoceno donde ocurre el levantamiento y la erosión, lo que origina una capa de sedimentos en la llanura. Durante este período se produjo el levantamiento del flanco oriental del Macizo de Quetame. Más tarde, sucede la orogenia andina, proceso en el que se levantó la cordillera de Los Andes, que modificó principalmente los patrones climáticos. Posteriormente, los materiales acumulados fueron removidos por procesos erosivos junto con los cambios climáticos ocurridos. Como resultado, afloraron formaciones del Paleozoico (Cormacarena, 2007). Por tanto, el área montañosa de las reservas hace parte de la falla de Servitá, conformada por los sectores geológicos Macizo de Quetame y borde o piedemonte llanero. El primero se compo-

ne de rocas metamórficas y sedimentarias de los períodos Devónico y Paleozoico. El segundo está conformado por unidades sedimentarias mesozoicas y cenozoicas (Cormacarena, 2007).

Paisaje

Las RFP Vanguardia-Vanguardiuno se encuentran ubicadas en la subregión del piedemonte llanero, en el ecosistema bosque alto denso muy húmedo a húmedo. Están compuestas por dos unidades de paisaje. La mayor proporción del área corresponde a la unidad de montañas y colinas de piedemonte con altura moderada, mientras que la unidad de abanicos fluvio-torrenciales se evidencia en la unión de la quebrada Vanguardia y el caño Vanguardia. En la zona se encuentran relictos de bosques naturales fuertemente intervenidos debido a la rápida colonización y al desarrollo de actividades antrópicas (Cormacarena, 2007).

Características bióticas

Vegetación

Las RFP Vanguardia-Vanguardiuno presentan una diversa composición florística debido a la convergencia entre la cordillera Oriental, las sabanas del Orinoco y la selva amazónica. Como se mencionó anteriormente, la vegetación se encuentra estructurada en tres tipos de ecosistemas: bosques primarios intervenidos, bosques secundarios maduros y bosques secundarios jóvenes. Cuenta con 440 especies, 253 géneros y 92 familias entre árboles, arbustos, palmas, epifitas, lianas y herbáceas. Las familias más representativas son Fabaceae, Melastomataceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae, Arecaceae y Moraceae. Los géneros más importantes son *Aniba*, *Virola* y *Jacaranda* (Cormacarena, 2007).

Por otra parte, dominan las especies de plantas *Socratea exorrhiza*, *Macrolobium colombianum*, *Tapirira guianensis*, *Attalea maripa*, *Euterpe precatoria*, *Iriartea deltoidea*, *Oenocarpus bataua*, *Alchornea triplinervia*, *Warszewiczia coccinea*, *Schizocalyx bracteosus*, *Matisia ochrocalyx*, *Zygia basijuga* y *Virola sebifera*. Así mismo, se destaca la presencia de especies características de los bosques amazónicos, como *Astrocaryum chambira*, *Myroxylon balsamum*, *Geonoma máxima*, *Attalea insignis*, *Iriartea deltoidea*, *Eugenia stipitata*, *Pseudose nefeldera inclinata* e *Hymenaea oblongifolia*, especie que en Colombia se encuentra casi amenazada.

Las especies de plantas comunes fueron *Cordia nodosa*, *Diospyros pseudoxylopi*, *Eriotheca macrophylla*, *Alchornea glandulosa*, *Clusia grandiflora*, *Euterpe precatoria*, *Ficus americana*, *Enterolobium schomburgkii*, *Guatteria recurvisepala*, *Heliconia hirsuta*, *Miconia affinis* y *Triplaris weigeltiana* (Cormacarena, 2007).

En cuanto al estado de conservación, se resalta la especie *Myroxylon balsamum*, que en Colombia se encuentra casi amenazada, de acuerdo con el Libro rojo de plantas de Colombia volumen 4. Así mismo, está catalogada en estado no evaluado por la IUCN debido a su baja población, la destrucción de su hábitat y su extracción para obtener madera (Cormacarena, 2007).

Fauna

En las RFP Vanguardia-Vanguardiuno habitan 198 especies. El 81 % corresponde a aves, el 14 % a mamíferos y el 5 % a anfibios. Esta diversidad se relaciona con la ubicación en el

piedemonte (Cormacarena, 2007; Galindo *et al.*, 2007). Por tanto, en el área se identifican 161 especies, 46 familias y 19 órdenes pertenecientes al grupo taxonómico de aves. La mayor riqueza se encuentra en el orden Passeriformes, en las familias Tyrannidae, Thraupidae y Emberrizidae.

Por otra parte, las RFP albergan 27 especies de mamíferos, principalmente de los órdenes Chiroptera y Rodentia. En este grupo se destaca la especie *Plecturocebus ornatus*, endémica de la región. En cuanto a los anfibios, se registran 10 especies de anfibios de los órdenes Gymnophiona (cecilias), Caudata (salamandras) y Anura (ranas y sapos). Cabe resaltar la presencia de *Allobates ranoides*, especie endémica catalogada en peligro (EN) por la IUCN a causa de la pérdida de la cobertura vegetal. Por otro lado, en las RFP se estima la presencia de reptiles de los órdenes Squamata y Testudines (Cormacarena, 2007).

Resultados y discusión

Vegetación

De acuerdo con la tabla 7, en las RFP Vanguardia-Vanguardiuno se registró un total de 13 familias de plantas, correspondientes a 12 órdenes (figura 7). La especie *Passiflora foetida* está catalogada en preocupación menor (LC) en el Libro rojo de plantas de Colombia (Betancur *et al.*, 2019).

Aves

En cuanto a las aves, en las RFP Vanguardia-Vanguardiuno se identificaron 20 especies, 12 familias y cinco órdenes (tabla 8). El orden

Tabla 7. Lista de algunos ejemplares de flora registrados en los recorridos por las RFP Vanguardia-Vanguardiuño

Ejemplar	Orden	Familia	Categoría de conservación
<i>Passiflora foetida</i>	Malpighiales	Passifloraceae	LC
<i>Arachis pintoii</i>	Fabales	Fabaceae	NE
<i>Barbieria pinnata</i>			LC
<i>Hedychium coronarium</i>	Zingiberales	Zingiberaceae	NE
<i>Costus</i> sp.		Costaceae	NE
<i>Macleania</i> sp.	Ericales	Ericaceae	NE
<i>Cyclanthus</i> sp.	Pandanales	Cyclanthaceae	NE
<i>Pharus</i> sp.	Poales	Poaceae	NE
<i>Catasetum</i> sp.	Asparagales	Orchidaceae	NE
<i>Commelina</i> sp.	Commelinales	Commelinaceae	NE
<i>Psychotria</i> sp.	Gentianales	Rubiaceae	NE
<i>Ipomoea purpurea</i>	Solanales	Convolvulaceae	NE

Categoría de conservación (CR: en peligro crítico; DD: datos insuficientes; EN: en peligro; LC: preocupación menor; NE: no evaluado; NT: casi amenazado; VU: vulnerable). (**) Ejemplar no identificado. **Fuente:** elaborado por los autores (2019) con base en el informe de la salida de campo a las reservas de Villavicencio II. Estudiantes de Biología, Curso Manejo y Valoración de Ecosistemas. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería.

con mayor número de familias fue Passeriformes, con ocho familias. El resto de los órdenes (Pelecaniformes, Galliformes, Gruiformes y Columbiformes) tuvieron una sola familia cada uno. Cabe resaltar que el orden Passeriformes es un amplio grupo que comprende gran parte de las especies de aves (Ávila, 2016).

Las especies que se lograron identificar son generalistas, es decir, pueden habitar áreas sin condiciones ambientales específicas, así como hacer uso de los diferentes recursos que allí encuentren, por lo que la gran mayoría es de amplia distribución (Clewel & Aronson, 2013). Todas ellas están catalogadas por la IUCN en preocupación menor (LC) (IUCN, 2018). Ahora

bien, en la visita anterior tan solo habían sido reportadas las especies *Tyrannus melancholicus*, *Ramphocelus carbo*, *Cyanocorax violaceus* y *Turdus leucomelas*, lo que indica que con esta visita se amplió el número de especies de aves registradas en la zona. Sin embargo, de acuerdo con lo reportado por Cormacarena (2007), el número de especies registradas podría ser mayor.

Clima

Durante la visita a las RFP Vanguardia-Vanguardiuño, la temperatura medida osciló entre 22 y 25 °C, respectivamente, con una humedad relativa promedio del 78,0 % (tabla 9).

Tabla 8. Lista de aves encontradas durante el recorrido por las RFP Vanguardia-Vanguardiuno

Nombre común	Orden	Familia	Especie	TR	IUCN	Libros rojos
Suelda crestinegra			<i>Myiozetetes cayanensis</i>	V	LC	NE
Sirirí común			<i>Tyrannus melancholicus</i>	V	LC	NE
Atrapamoscas crestado		Tyrannidae	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	V, A	LC	NE
Espatulilla común			<i>Todirostrum cinereum</i>	V	LC	NE
Bichajué			<i>Pitangus sulphuratus</i>	V	LC	NE
Mirla buchiblanca		Turdidae	<i>Turdus leucomelas</i>	V, A	LC	NE
Azulejo			<i>Thraupis episcopus</i>	V, A	LC	NE
Azulejo de palmeras	Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis palmarum</i>	V	LC	NE
Toche negro			<i>Ramphocelus carbo</i>	A	LC	NE
Canario coronado			<i>Sicalis flaveola</i>	V	LC	NE
Colluelo		Corvidae	<i>Cyanocorax violaceus</i>	V, A	LC	NE
Cucarachero		Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	V	LC	NE
Batará barrado		Thamnophilidae	<i>Thamnophilus doliatus</i>	A	LC	NE
Conoto negro		Icteridae	<i>Psarocolius decumanus</i>	V, A	LC	NE
Trepatroncos		Furnariidae	<i>Glyphorhynchus spirurus</i>	V	LC	NE
Garza ganadera	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	V	LC	NE
Paujiles	Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis guttata</i>	V, A	LC	NE
Cotara	Gruiformes	Rallidae	<i>Aramides cajaneus</i>	V	LC	NE
Tortolita			<i>Columbina talpacoti</i>	V	LC	NE
Tortolita colilarga	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina squammata</i>	V	LC	NE

Categoría de conservación (CR: en peligro crítico; DD: datos insuficientes; EN: en peligro; LC: preocupación menor; NE: no evaluado; NT: casi amenazado; VU: vulnerable). Tipo de Registro (TR): (A) Auditivo; (V) visual. **Fuente:** elaborado por los autores (2019) con base en el informe de la salida de campo a las reservas de Villavicencio II. Estudiantes de Biología, Curso Manejo y Valoración de Ecosistemas. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería.



Figura 7. Fotografías de plantas vasculares registradas en las RFP Vanguardia-Vanguardiuno. a) *Passiflora foetida* (Passifloraceae); b) *Hedychium coronarium* (Zingiberaceae); c) *Arachis pintoi* (Fabaceae); d) *Macleania* sp. (Ericaceae); e) *Ipomoea purpurea* (Convolvulaceae); f) *Barbieria pinnata* (Fabaceae); g) *Araceae*; h) *Costus* sp. (Costaceae); i) *Melastomataceae*. **Fotos:** Andrea C. Alférez-Velásquez.

Tabla 9. Ubicación geográfica y parámetros ambientales de las RFP Vanguardia-Vanguardiuno.

Coordenadas	T (°C)	RH (%)	Altitud (msnm)
4.1742778 - 73.5035	22	78	450
4.1744722 - 73.5865	25	78	461
4.1745 - 73.6362778	22	77	482
4.1744444 - 73.6361111	23	79	492

Humedad relativa (RH); Temperatura (T). Fuente: **Fuente:** elaborado por los autores (2019) con base en el informe de la salida de campo a las reservas de Villavicencio II. Estudiantes de Biología, Curso Manejo y Valoración de Ecosistemas. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería.

78

La humedad relativa está relacionada con la cobertura vegetal, la altura de dosel, la luminosidad y la evidencia de menor intervención antrópica en las RFP Vanguardia-Vanguardiuno, aspecto que ha sido reiterado en las visitas anteriores (Holguín *et al.*, s. f.).

Esto propicia el ambiente adecuado para una gran diversidad de plantas y hongos en las reservas. No obstante, hay que aclarar que durante la visita a las RFP Vanguardia-Vanguardiuno se presentaron precipitaciones que pueden influir en los parámetros ambientales, como la temperatura.

Hongos

Se registraron hongos de los órdenes Poliporales y Agaricales (figura 8), de los cuales se lograron identificar cinco géneros de macromicetos (tabla 10). El orden mejor representado fue el de Agaricales, con cuatro ejemplares, y Polyporales, con un ejemplar. Por tanto, la presencia de hongos en las reservas es de gran importancia dado el papel fundamental que cumplen en los ecosistemas para la formación

del suelo y el reciclaje de nutrientes (Montoya *et al.*, 2010).

Tabla 10. Hongos registrados en las RFP Vanguardia-Vanguardiuno

Ejemplar	Orden	Familia
<i>Leucocoprinus fragilissimus</i>	Agaricales	Agaricaceae
<i>Hygrocybe</i> sp.		Hygrophoraceae
<i>Gymnopus montagnei</i>		Omphalotaceae
<i>Hydropus cavipes</i>	Polyporales	Marasmiaceae
<i>Podoscypha</i> sp.		Meruliaceae

Fuente: elaborado por los autores (2019) con base en el informe de la salida de campo a las reservas de Villavicencio II. Estudiantes de Biología, Curso Manejo y Valoración de Ecosistemas. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería.

Conflictos

Por otra parte, las mayores afectaciones en las RFP Vanguardia-Vanguardiuno son la mala disposición de los residuos sólidos, la construc-



Figura 8. Fotografías de los hongos registrados. a) Orden Agarical, especie *Leucocoprinus fragilissimus*; b) Orden Polyporal; c) Orden Polyporal, género *Podoscypa* sp.; d) Orden Agarical, género *Hygrocybe* sp. **Fotos:** Andrea C. Alférez-Velásquez.

ción de vías y la ampliación del área urbana, como se evidencia en la tabla 11 y en la figura 9. La información allí presentada concuerda con lo reportado por Holguín y colaboradores (s. f.). Dentro de lo observado en las visitas, el descarte de residuos sólidos de tipo doméstico, escombros e industriales se hace por parte de particulares que trasladan sus desechos hasta la zona para ser arrojados, lo cual afecta directamente la diversidad y, por ende, los servicios que ofrecen los ecosistemas.

Así mismo, la construcción de vías y la ampliación de la zona urbana tienen su mayor

impacto sobre la biodiversidad, así como la deforestación por el asentamiento o el tránsito humano lleva a la disminución de especies de flora y fauna, que junto con la introducción de especies invasoras disminuyen la belleza escénica del paisaje. Además, se presenta un incremento de la temperatura por el efecto de isla de calor y los deslizamientos en las zonas susceptibles.

En Colombia, como en otras partes del mundo, se ha evidenciado que las mayores afectaciones sobre la superficie terrestre y, en gran medida, la mayoría de los desastres naturales

Tabla 11. Descripción de las causas y los actores que generan las afectaciones en las RFP Vanguardia-Vanguardiauno

Impacto	Fuente de impacto	Actores y causas
Infraestructura vial	Vía Villavicencio - Restrepo, alto tráfico de vehículos, fragmentación de bosque	Instituto Nacional de Vías (Invías) y entidades privadas
Deforestación	Tala de árboles	Comunidad de la vereda Vanguardia
Cambio del uso del suelo	Transformación en las coberturas vegetales	Comunidad de la vereda Vanguardia
Contaminación	Mal manejo de los desechos, acumulación de residuos sólidos	Comunidad de la vereda Vanguardia, usuarios de la vía antigua Villavicencio-Restrepo

80

Fuente: elaborado por los autores (2019) con base en el informe de la salida de campo a las reservas de Villavicencio II. Estudiantes de Biología, Curso Manejo y Valoración de Ecosistemas. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería.

son resultado de la deforestación, la expansión urbana, la captación de aguas, la explotación minera, entre otros procesos, que se evidenciaron en las zonas visitadas. Por tanto, es fundamental conocer la capacidad de resiliencia de los ecosistemas de las reservas frente a dichos factores, junto con las condiciones climáticas características del piedemonte. Por ello, es necesaria la implementación de acciones de restauración y planes de monitoreo que incluyan las poblaciones locales y el uso de especies nativas (Restrepo, 2015).

Es necesario tener en cuenta que dentro de los principios estipulados para las RFP se debe evaluar el impacto de las captaciones ilegales, independientemente de su uso. Así mismo, la ganadería y otras actividades agropecuarias contribuyen a la degradación del suelo, que causa el deterioro del cauce de los caños, favoreciendo las inundaciones y las alteraciones

del caudal (Bruijnzeel, 1990). Por esta razón, se deben implementar medidas por parte de la corporación ambiental regional.

Por otro lado, la presencia de la vía que conduce desde la Troncal del Llano hasta la vereda Puente Amarillo, en el municipio de Villavicencio, ha ocasionado la ocurrencia en el sector de procesos erosivos relacionados especialmente con el desprendimiento de las laderas, debido a la inestabilidad de las formaciones geológicas, además de la acción de las aguas de escorrentía y la insuficiencia de obras de ingeniería adecuadas.

Por lo anterior, la construcción de vías tiene efectos significativos que ocasionan la pérdida de la cobertura vegetal, el uso inadecuado del suelo, la disminución de las poblaciones de fauna, los patrones naturales de drenaje, la fragmentación de los hábitats, entre otros, lo que

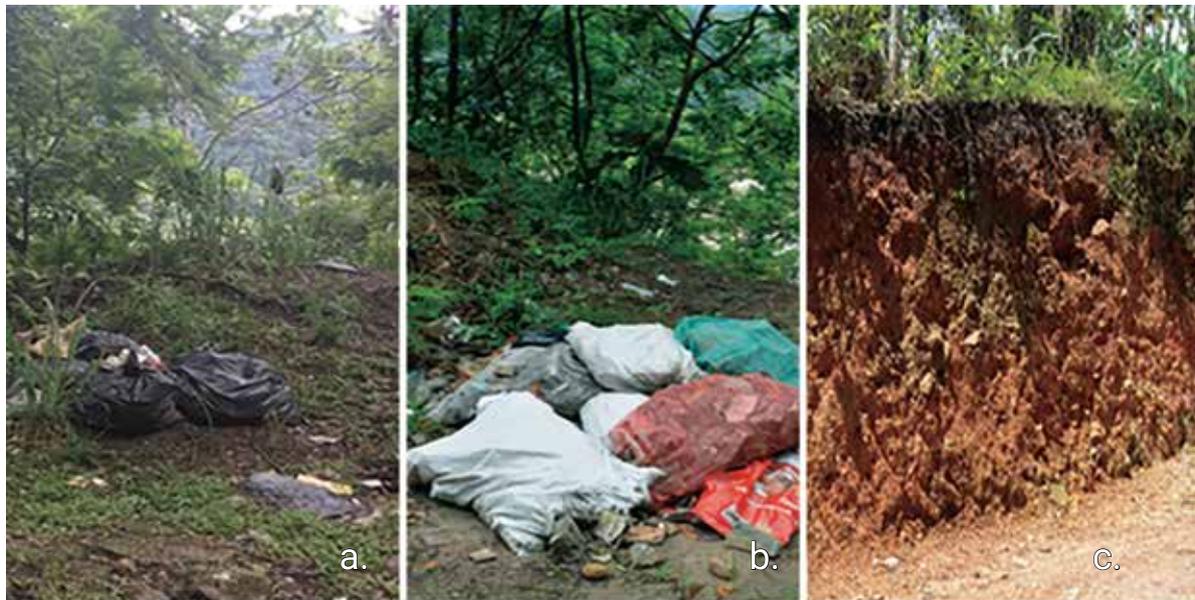


Figura 9. Impactos en las RFP Vanguardia-Vanguardino. a-b) Manejo inadecuado de residuos sólidos (materia orgánica, plásticos, vidrio) y vertimiento de aguas residuales; c) Derrumbes: causas naturales ocasionan remociones en masa. **Fotos:** Andrea C. Alférez-Velásquez.

lleva a la degradación del paisaje y a la carencia de servicios ecosistémicos por causa de las actividades que se desarrollan en las diferentes etapas (obras preliminares, fase de construcción y fase de operación) en los proyectos viales (Martínez, 2017; Novo, 1999).

El impacto derivado del uso de las vías también afecta la biodiversidad. En este impacto se incluye la contaminación generada por los medios motorizados (combustibles, grasas, emisiones de gases, entre otros), el atropellamiento de la fauna silvestre, los daños ambientales ocasionados por el derrame de materiales en la vía, la escorrentía y la acumulación de contaminantes hacia fuentes hídricas (Onursal & Gautam, 1997; Herce, 2010). La extracción

ilegal y permanente de leña y madera, que representa un grave problema para las reservas dado que incide negativamente en la biodiversidad de las áreas protegidas, ha afectado las poblaciones de fauna y flora, evidenciándose la desaparición local de varias especies. La extracción altera la estructura y composición florística de las comunidades vegetales en las reservas, lo que reduce la complejidad de la vegetación y, por ende, afecta la dinámica de las poblaciones de animales y plantas epífitas que allí habitan (Cormacarena, 2007; Bonilla-Luna *et al.*, 2011).

Por lo tanto, es necesario implementar estrategias con la comunidad local que permitan el aprovechamiento y la conservación de los

ecosistemas en las reservas. Por otra parte, las RFP Vanguardia-Vanguardiuno tienen fuertes limitaciones en el uso del suelo debido a su categoría de áreas protegidas y a las características de la zona, como fuertes pendientes, baja profundidad de los suelos, propiedades químicas desfavorables para la agricultura, alta susceptibilidad a la erosión, remoción en masa y alta precipitación (Cormacarena, 2007).

La distribución de la precipitación pluvial en un área es influenciada por la modificación del uso del suelo y puede ser dividida entre escurrimiento, almacenamiento o infiltración (FAO, 2002). Las alteraciones en la biodiversidad del suelo son evidentes cuando ocurre la deforestación. Se recomienda realizar un monitoreo constante para evidenciarlo en cada una de las RFP (Balesdent *et al.*, 2000).



Vista del río Guatiquía, Vanguardia, Villavicencio. Foto: A. Álvarez-Salazar



Erosión en la montaña. Foto: H. Cardona-Castro



Referencias bibliográficas

- Arango, C., Dorado, J., Guzmán, D. & Ruiz, J. F. (2014). Climatología trimestral de Colombia. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM*. <https://bit.ly/3Ftk72s>
- Ávila-Campos, J. E. (2016). Lista de aves de alta montaña de la serranía de Los Picachos, San Vicente del Caguán, Caquetá (Colombia). *Biota Colombiana*, 17(2), 103-113. <https://doi.org/10.21068/C2016v-17s02a06>
- Balesdent, J., Chenu, C., & Balabane, M. (2000). Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and tillage research*, 53(3-4), 215-230.
- Betancur, J., García Castro, N. J., Fernández Alonso, J. L., & Hernández, A. (2019). *Libro Rojo de Plantas de Colombia. Volumen 3. Las bromelias, las labiadas y las pasifloras*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Bonilla-Luna, N., Cuesta-Córdoba, H., & Valois-Cuesta, H. (2011). Efectos de la extracción forestal sobre la estructura y composición de un bosque pluvial del Pacífico colombiano. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 1(1), 48-54. <http://dx.doi.org/10.18636/bioneotropical.v1i1.23>
- Bruijnzeel, L. (1990). *Hydrology of moist tropical forest and effects of conversion: a state of the knowledge review*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – UNESCO.
- Clewell, A. & Aronson, J. (2013). *Restauración ecológica: principios, valores y estructura de una profesión emergente* (2.ª edición). Sociedad para la Restauración Ecológica.
- Concejo Municipal de Villavicencio. (2015, 29 de diciembre). Acuerdo 287. *Por medio del cual se adopta el nuevo plan de ordenamiento territorial del municipio de Villavicencio y se dictan otras disposiciones*. <https://bit.ly/3AobNP>
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena - Cormacarena (2007). *Formulación participativa del plan de manejo de las Reservas Forestales Protectoras "Cerro Vanguardia" y "Caño Vanguardia y quebrada Vanguardiuño"*. Villavicencio. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena - Cormacarena. (2015). *Plan de Acción 2016-2019*. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena.

- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio – EAAV. (2018). *Plan de Emergencia y Contingencia sistema de Acueducto y Alcantarillado*. Villavicencio.
- Galindo, G., Pedraza, C., Betancourt, F., Moreno, R. D., & Cabrera, E. (2007). *Planeación ambiental del sector hidrocarburos para la conservación de la biodiversidad en los llanos de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Herce, M. (Ed.). (2010). *Infraestructuras y medio ambiente: Urbanismo, territorio y redes de servicios. I* (vol. 1). Editorial UOC.
- Holguín R, I. P. (s. f.). *Estado actual de tres áreas protegidas ubicadas en Villavicencio, Colombia* [tesis de pregrado no publicada]. Universidad de los Llanos.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2015). *Atlas Climatológico de Colombia. Atlas Interactivo: IDEAM*.
- Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente – INDERENA. (1984, 1 de agosto). Acuerdo 34. *Por el cual se declara área de reserva forestal protectora el Cerro Vanguardia ubicado en jurisdicción del municipio de Villavicencio (Meta)*. <https://bit.ly/2YD8lls>
- Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente – INDERENA. (1987, 27 de agosto). Acuerdo 57. *Por el cual se declara área de reserva forestal protectora Cuenca Alta del Caño Vanguardia (Aguas Claras) y Quebrada Vanguardiuno, ubicadas en jurisdicción del municipio de Villavicencio, departamento del Meta*. <https://bit.ly/2WOWdws>
- Martínez, G. (2017). *Impactos de la construcción de las vías de cuarta generación en Colombia sobre la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos* [tesis de especialización, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá]. Repositorio Institucional UMNG. URI: <http://hdl.handle.net/10654/16393>
- Ministerio de Agricultura. (1988, 13 de mayo). Resolución 84. *Por la cual se aprueba el Acuerdo número 0057 de agosto 27 de 1987*. <https://bit.ly/2YxWeGs>
- Montoya, S., Gallego, J., Sucerquia, A., Peláez, B., Betancourt, O., & Arias, D. (2010). Macromicetos observados en bosques del Departamento de Caldas: su influencia en el equilibrio y la conservación de la biodiversidad. *Bol. cient. mus. hist. nat.*, 14(2), 57-73.
- Novo, M. (1999). *Los desafíos ambientales: reflexiones y propuestas para un futuro sostenible*. Editorial Universitat.
- Onursal, B., & Gautam, S. P. (1997). *Contaminación atmosférica por vehículos automotores: experiencias recogidas en siete centros urbanos de América Latina*. The World Bank.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informe sobre recursos mundiales de suelos*. FAO. <https://bit.ly/3Axszkf>

Ortiz-Moreno, M. L. (2014). *Análise da interação entre ordenamento territorial e biodiversidade: estudo de Estratégias caso em Villavicencio (Meta, Colômbia)* [tese de doutorado, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil]. <https://bit.ly/3zAroeD>

Pisanty, I., Mazari, M. & Ezcurra, E. (2009). El reto de la conservación de la biodiversidad en zonas urbanas y periurbanas. En *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Restrepo, J. (2015). El impacto de la deforestación en la erosión de la cuenca del río Magdalena (1980 - 2010). *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. Fis. Nat.*, 39(151), 250-267. doi: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.141>

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2018). *The IUCN Red List of Threatened Species IUCN*. <http://www.iucnredlist.org>





Parte 3

Organismos edáficos y ciclos biogeoquímicos en cuatro coberturas vegetales de un agroecosistema de la Orinoquia

Resumen

La investigación se realizó en la granja agropecuaria de la Universidad de los Llanos, sede Barcelona, en el municipio de Villavicencio, entre las coordenadas 4°04'33.78" latitud norte y 73°34'49.50" longitud oeste a una altitud de 465 msnm, con una temperatura media anual entre 24 y 26 °C y una humedad relativa del 75 %. Se seleccionaron cuatro tipos de coberturas vegetales: bosque secundario, un agroecosistema de sabana de pastos introducidos, un cultivo de ciclo corto y cultivo perenne. Se tomaron cuatro monolitos de suelo de 20 x 20 cm, a una profundidad de 0-30 cm, sin retirar la hojarasca. El muestreo se hizo siguiendo la metodología de Anderson & Ingram (1993). El

número de individuos registrados en los cuatro tipos de coberturas vegetales fue de 1085 individuos por metro cuadrado (i.p.m²). La mayor riqueza de morfotipos se presentó en el bosque (36 morfoespecies), seguida de la sabana (16 morfoespecies) y el cultivo perenne (11 morfoespecies); mientras que la mínima prevaleció en el cultivo de ciclo corto, con ocho morfoespecies. En hongos, la especie más abundante fue *Schizophyllum commune*, organismo perteneciente a la familia Schizophyllaceae. Cada uno de estos usos del suelo influye en la funcionalidad ecológica de los diferentes sistemas analizados.

Palabras clave: biodiversidad edáfica, edafofauna, manejo del suelo.



Avispa de leche (*Apoica pallens*) (Hymenoptera: Vespidae). Foto: M. Ávila-Leguizamo

Introducción

La sede Barcelona de la Universidad de los Llanos cuenta con una amplia diversidad de ecosistemas, en los cuales se pueden encontrar diferentes usos del suelo, como bosque, sabana, cultivos de ciclo corto y perenne, que son importantes para la incorporación de la materia orgánica. Estos permiten el mantenimiento de los servicios ecosistémicos de soporte y regulación, como la polinización, el refugio para las especies, el almacenamiento de carbono, el reciclaje de nutrientes en los suelos, la regulación hídrica, entre otros (Delgado *et al.*, 2011). De manera que, al ofrecer condiciones esenciales para la vida, es hábitat de los organismos edáficos, que son los principales formadores de la estructura del suelo, dado que contribuyen con el ciclado de nutrientes y la descomposición de la materia orgánica (Vázquez, 2001).

La fauna edáfica se caracteriza por su gran diversidad y complejidad, compuesta por organismos invertebrados. En suelos maduros la diversidad suele ser más alta debido al desarrollo máximo del suelo (FAO, 2015; Franco *et al.*, 2016). Esta se distribuye entre la hojarasca, los troncos en descomposición, así como en el interior y en la superficie del suelo, de tal forma que se encarga de transformar elementos en una fuente de materia orgánica a través de procesos de descomposición que activan el ciclo biogeoquímico de los elementos (Gliessman, 2002).

De acuerdo con la forma de vida y el tamaño del individuo, se clasifica en macrofauna, mesofauna y microfauna. La macrofauna corresponde a los organismos que es posible observar a simple vista, tienen un ancho de cuerpo mayor a 2 mm y una longitud mayor a 10 mm. La mesofauna, de menor tamaño, abarca los organismos que poseen un diámetro entre 0,2-2 mm, mientras que los individuos que poseen un diámetro menor de 0,2 mm se clasifican en la microfauna (Cabrera *et al.*, 2014). El constante manejo del suelo en los cultivos establecidos, ya sea de ciclo corto o perenne, ocasiona la simplificación de los ecosistemas a causa de las actividades antrópicas, como la agricultura, lo cual hace que el nuevo agroecosistema modifique los servicios ecosistémicos, afectando el funcionamiento de los procesos naturales, como la descomposición de la materia orgánica y el ciclaje de nutrientes.

Por lo tanto, el uso del suelo para la producción agrícola y ganadera influye en la abundancia y riqueza de la biodiversidad edáfica y, al mismo tiempo, ocasiona la pérdida de la calidad del suelo, debido a la disminución de las especies vegetales y los diferentes sistemas de raíces, así como al uso excesivo de agroquímicos y al descenso de la variedad de hábitats, entre otros (FAO, 2015).

En el presente trabajo se caracterizó la abundancia, riqueza y diversidad de organismos edáficos que se pueden encontrar en un bosque húmedo tropical secundario, sabana modificada, cultivo de ciclo corto y cultivo perenne dentro de la granja agrícola ubicada en la sede Barcelona de la Universidad de los Llanos, con el fin de analizar el efecto del uso del suelo en la biota edáfica.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en la granja agropecuaria de la Universidad de los Llanos, sede Barcelona, ubicada en el municipio de Villavicencio, departamento del Meta, Colombia, el cual está localizado a 4°04'33.78" N y 73°34'49.50" O, a una altitud de 465 msnm (figura 10). El bioma principal del Meta está compuesto por bosques tropicales húmedos con paisajes dominantes de piedemonte, donde se encuentran ecosistemas como selvas húmedas, bosques y matorrales, tanto densos como claros (Jiménez & Thomas, 2003; Ortiz-Moreno, 2014). La región corresponde a bosque húmedo tropical con clima cálido húmedo, caracterizado por tener un régimen monomodal con una temperatura media anual entre 24 y 26 °C, con una humedad relativa del 75 % y precipitaciones medias anuales de 3000 mm (IGAC, 2004; Roa & Muñoz, 2012; IDEAM, 2015).

Toma de las muestras de suelo

El método de muestreo que se empleó fue el propuesto por el Programa de Investigación Internacional Biología y Fertilidad del Suelo Tropical (TSBF) (Anderson & Ingram, 1993 citado en García *et al.*, 2014), que consiste en la

extracción de monolitos de 20 x 20 cm a una profundidad de 0-30 cm, sin retirar la hojarasca. Se tomaron cuatro monolitos del suelo, uno por cada cobertura vegetal. Cada monolito correspondiente se empacó en bolsas rotuladas para, posteriormente, trasladarlas al laboratorio. La colecta se realizó manualmente *in situ* y se describió la vegetación presente en cada sitio (uso de suelo) de manera general (figura 11).

Procesamiento de muestras

Las muestras se procesaron en el laboratorio de biología de la Universidad de los Llanos. La extracción de la macrofauna del suelo se realizó de forma manual y directa, con ayuda de pinzas entomológicas y pinceles. Se extrajeron los organismos y se depositaron en frascos de vidrio a los que previamente se les agregaron ± 10 mL de alcohol al 75 %.

La determinación taxonómica del material se realizó hasta el nivel de orden, con la ayuda de especialistas de la Universidad de los Llanos (Villavicencio, Colombia) y de literatura especializada (Brusca & Brusca, 2005; Ruppert & Barnes, 1996).

Análisis de datos

Los datos se organizaron en tablas, gráficas o fotografías de los registros de los organismos encontrados (macrofauna), asociados a 400 cm² de suelo, lo cual fue extrapolado a una hectárea (ha) de cada cobertura vegetal. Con base en la información obtenida, se construyó el modelo del ciclo biogeoquímico del nitrógeno y del fósforo, considerando las fuentes en cada caso (naturales y fertilizantes químicos), y se representaron los productores primarios, teniendo

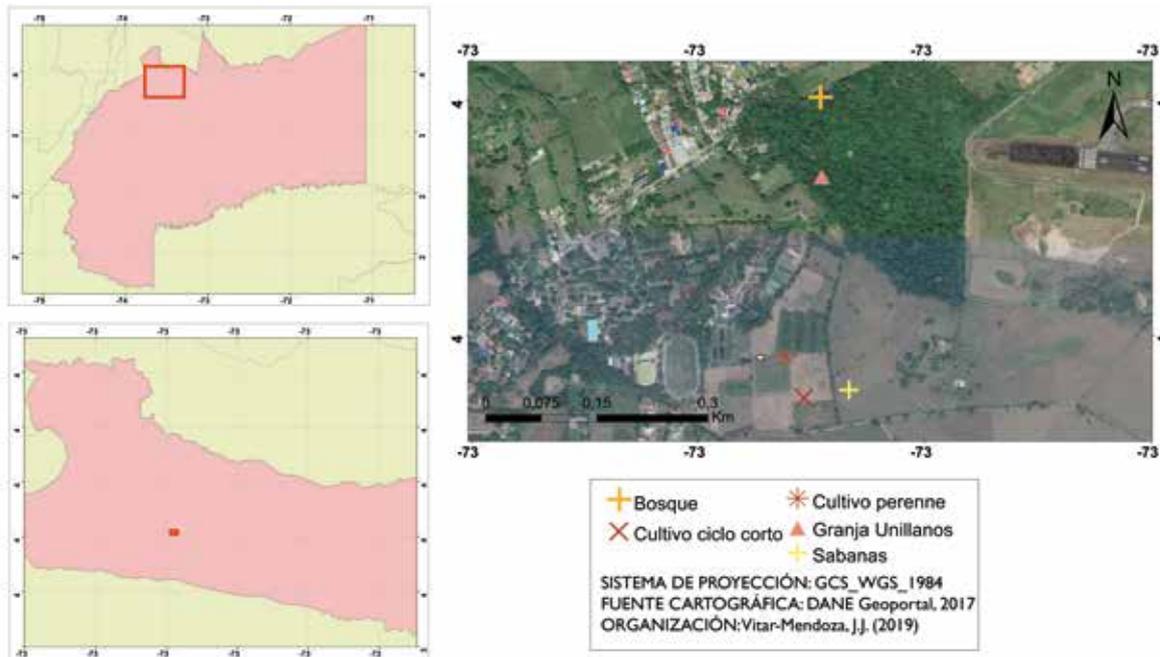


Figura 10. Mapa de localización del área de estudio granja agropecuaria de la Universidad de los Llanos, sede Barcelona. Fuente: J. Vitar-Mendoza (elaboración propia).

en cuenta la descripción del sitio. A su vez, se incluyeron los siguientes niveles tróficos: consumidores primarios y secundarios, representando el flujo de cada nutriente con flechas.

Variables evaluadas

Abundancia: en cada muestreo realizado en las cuatro coberturas se estableció la abundancia de la macrofauna del suelo, calculando el número de individuos por m² (Botina *et al.*, 2012).

Riqueza: es expresada como el número de morfoespecies en una comunidad presente en cada área (Pla, 2006).

Tipos de ecosistemas

El área de estudio albergó cuatro tipos de coberturas vegetales (Romero *et al.*, 2017): bosque secundario, un agroecosistema de sabana de pastos introducidos, un cultivo de ciclo corto y un cultivo perenne, los cuales se describen a continuación.

Bosque secundario (B)

Bioma: selva tropical transformada en sabana.
Paisaje: llanura aluvial.
Ecosistema: bosque secundario pluvial muy húmedo.

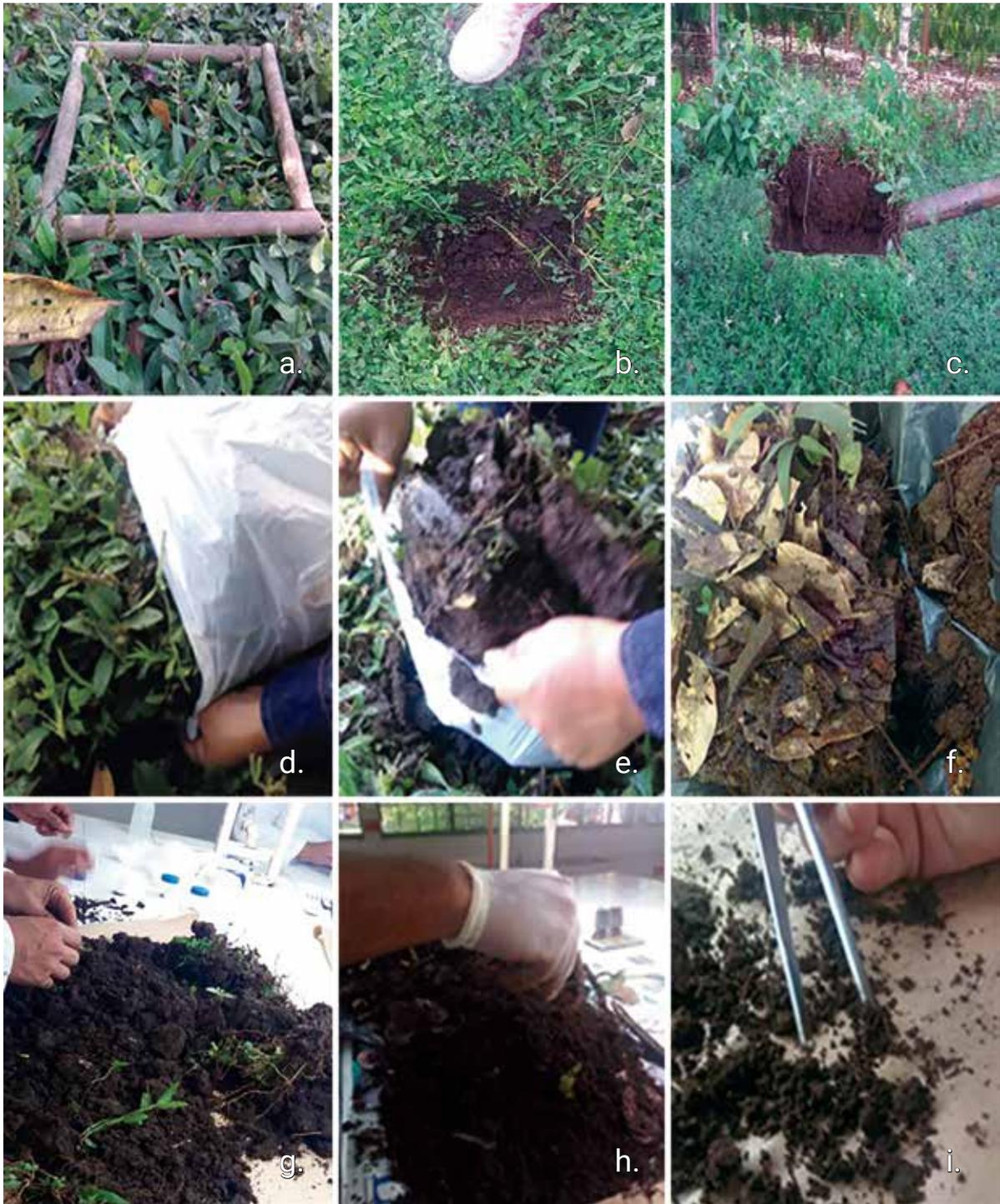


Figura 11. Metodología de colecta de las muestras de suelo en campo. a) Delimitación del suelo con un marco de 20 x 20 cm; b) Calicata de 20 x 20 cm con 20 cm de profundidad; c) Bloque de suelo, sin retirar la capa vegetal; d-e-f) Empacado en bolsas y rotulado de las muestras, sin retirar la hojarasca para traslado al laboratorio; g-h-i) Extracción de la macrofauna del suelo, de forma manual y directa con ayuda de pinzas entomológicas. **Fotos:** E. Vélez-Lopez (2015).



Ecosistema: agroecosistema de sabana de pastos introducidos. Foto: S. López González



Ecosistema: bosque secundario pluvial muy húmedo. Foto: E. Vélez-López

El bosque húmedo tropical secundario es uno de los ecosistemas con mayor riesgo de transformación del paisaje y es una de las áreas en las que se ha evidenciado una alta transformación, lo cual ha causado la fragmentación del hábitat y la pérdida de la biodiversidad.

El Distrito Militar Aéreo n.º1 (Base Aérea de Apiay) ha realizado actividades de reforestación para producir una capa de vegetación, con el fin de ofrecer protección auditiva y balística a los residentes del sector.

La principal vegetación de la reforestación realizada por parte del Distrito Militar estuvo compuesta por individuos de la familia Marantaceae, el género *Cecropia* de la familia Urticaceae, así como por las familias Rubiaceae, Commelinaceae, Fabaceae, Piperaceae, Melastomataceae, Araceae, entre otras, que conforman el perfil florístico del bosque húmedo tropical secundario.

Por otro lado, en la Universidad de los Llanos se han llevado a cabo actividades de tipo agrícola, en las cuales se han realizado cambios en la estructura del ecosistema. En estas actividades, que tienen fines académicos, se evalúan variedades que podrán ser alternativas alimentarias en un futuro.

La transformación de los ecosistemas naturales ha aumentado, especialmente en los trópicos y subtropicales (Etter *et al.*, 2006). Como resultado de esto, los bosques tropicales que mantienen una alta biodiversidad han sido transformados en pastizales introducidos y en zonas de cultivo (Etter *et al.*, 2006).

Por otra parte, el ecosistema ha sufrido disturbios debido a la deforestación por medio de en-

tresaca, por lo que se considera que se alteró la dinámica de la comunidad vegetal. Este tipo de deforestación causa un aumento de la luminosidad, disminuye la humedad relativa y reduce las poblaciones de musgos (Rangel-Ch. *et al.*, 1997; Aguirre & Rangel-Ch., 2007).

También, causa que solo exista un estrato arbóreo, debido principalmente al aumento de la luminosidad donde antes era reducida, lo que provoca la germinación de semillas, que se encuentran en el banco de semillas, dando origen a diferentes plántulas, las cuales forman el estrato arbustivo que tiene alrededor de 3 años, siendo este bastante homogéneo, ya que se reclutan plántulas que remplazarán al dosel que fue deforestado, razón por la cual el estrato arbóreo es menor (Rangel-Ch, 2015 a).

Agroecosistema de sabana (S)

Bioma: selva tropical transformada en sabana.

Paisaje: planicie aluvial o llanura aluvial.

Ecosistema: agroecosistema de sabana de pastos introducidos.

La vegetación en el lugar de muestreo es herbácea, predominan las especies de las familias Poaceae, Oxalidaceae, Verbenaceae y Cyperaceae. Posee poca diversidad con respecto al bosque húmedo tropical. La vegetación adyacente a la zona de muestreo está compuesta principalmente por árboles ubicados como cerca, para la delimitación del terreno, o cercas que limitan el paso de bovinos y equinos.

Las especies arbóreas y arbustivas se encuentran de forma dispersa en el agroecosistema. Esta sabana se encuentra dominada por gramíneas del género *Brachiaria* y algunas herbáceas

de las familias Melastomataceae, Araceae, Piperaceae, Asteraceae y Fabaceae, como el maní forrajero (*Arachis pintoi*) y la dormidera (*Mimosa pudica*).

El ecosistema presenta una cobertura vegetal abierta, poblada por pastizales tolerantes a la inundación, como algunas especies de la familia Cyperaceae, con escasez de especies leñosas. Los niveles superiores del suelo, donde se desarrolla casi toda la biomasa de gramíneas, permanecen saturados de agua por un tiempo a veces prolongado.

98 *Cultivo de ciclo corto (CC)*

El cultivo de ciclo corto se encuentra en la granja de la Universidad de los Llanos, es un área transformada por el hombre. En ella se encuentra una vegetación heterogénea, conformada por pequeñas parcelas de cultivos experimentales de maíz (*Zea mays*) y arroz (*Oryza sativa*), pertenecientes a la familia Poaceae, y soya (*Glycine max*) de la familia Fabaceae.

Al no existir un dosel arbóreo, hay una mayor disponibilidad lumínica, un aumento de la erosión del suelo y altas temperaturas, factores que pueden ser agravados por los cambios climáticos, lo que afecta el crecimiento y rendimiento de las plantas (Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo [FONADE] *et al.*, 2013; Nelson *et al.*, 2009).





Cacao (*Theobroma cacao*), yopo (*Anadenanthera peregrina*) y acacia (*Acacia mangium*).

Foto: E. Vélez-López



Parcela de cultivo experimental de maíz (*Zea mays*). Foto: L. Salazar-Florián

Cultivo perenne (agroecosistema: cacao, yopo y acacia) (CP)

El cultivo perenne fue establecido hace varios años. El más importante es el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) de la familia Malvaceae, que tiene 15 clases de clones, con una diversidad de patrones que determina su producción. Como el cultivo necesita una intensidad lumínica controlada, se creó un agroecosistema en policultivo que está conformado por cultivos de yopo (*Anadenanthera peregrina*) y acacia (*Acacia mangium*), pertenecientes a la familia Fabaceae. Al poseer este tipo de vegetación introducida, la capa de hojarasca es menor que en el bosque. La vegetación que compone el agroecosistema se encuentra escalonada o en estratos. En los estratos inferiores se presenta una vegetación similar a la de la planicie circundante y se observan diversos tipos de familias de plantas como Cucurbitaceae, Poaceae, Cyperaceae, Fabaceae, Euphorbiaceae, Piperaceae, Rubiaceae y Urticaceae.

La sombra del dosel de los árboles maderables de yopo y acacia trae consigo nuevos organismos, entre ellos se pueden observar insectos parasitoides, insectos plaga, insectos benéficos y, además, se pueden encontrar organismos como hongos pertenecientes a los órdenes Polyporales, Agaricales y Xylariales, que se caracterizan por ser descomponedores de la materia orgánica (hojas de cacao, yopo, acacia y árboles aledaños), siendo esta actividad una función importante para transformar la materia e incorporar nutrientes al suelo (Montoya *et al.*, 2010).

Resultados y discusión

Composición de la macrofauna del suelo

La composición de la macrofauna del suelo estuvo integrada por organismos que abarca-

ron tres *phyla*: Arthropoda, Annelida y Mollusca (anexo 8). La clase Insecta presentó el mayor número de órdenes (Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Orthoptera, Dictyoptera, Dermaptera, Blattodea, Hymenoptera, Thysanoptera, Phasmida y Diptera). Las demás clases presentaron un orden cada una: Entognatha (Collembola), Arachnida (Araneae), Malacostraca (Isopoda), Chilopoda (Scolopendromorpha), Clitellata (Haplotaxida) y Gastrópoda (Pulmonata). Estos organismos cumplen un papel importante en la fertilidad y en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, dado que generan estructuras biogénicas que contribuyen en la descomposición y en la dinámica de la materia orgánica (Rippstein *et al.*, 2001).

Abundancia de organismos del suelo

El número de individuos en los cuatro tipos de coberturas vegetales (bosque, sabana, cultivo de ciclo corto y cultivo perenne) fue de 1260 individuos por metro cuadrado (i.p.m²). La zona bosque presentó los valores más altos, con 593 i.p.m², entre los que predominan los órdenes Hymenoptera, Haplotaxida, Blattodea y Araneae. Le sigue la sabana con 441 i.p.m², donde predominan los órdenes Hymenoptera, Blattodea, Haplotaxida y Coleoptera. El cultivo de ciclo corto y el cultivo perenne se consolidan como los de menor abundancia (tabla 12). De acuerdo con Rippstein *et al.* (2001), los cultivos anuales ocasionan drásticas reducciones en las poblaciones de organismos en el suelo, lo cual puede estar relacionado con el uso excesivo de pesticidas, el efecto de las labranzas y la disminución de las reservas de carbono por falta de vegetación perenne.

Es de resaltar que la hojarasca (hojas, ramas, corteza, flores y frutos) acumulada en la superficie del suelo y proveniente de la cobertura

arbórea representa la base de nutrientes y la energía para la fauna edáfica. Así mismo, la sombra del dosel proporciona protección frente a los cambios de temperatura y retención de humedad, dado que la penetración lumínica incide en la configuración y riqueza de algunos taxones (Bautista & Suárez, 2013). Por tanto, los sistemas agroforestales compuestos por un estrato arbóreo poseen mayor abundancia de organismos en comparación con sistemas de cultivos de ciclo corto y perenne.

Riqueza de organismos del suelo

102

La mayor riqueza de morfotipos se presentó en el bosque, con 36 morfoespecies, seguido por la sabana (16 morfoespecies) y el cultivo perenne (11 morfoespecies), mientras que una baja riqueza prevaleció en el cultivo de ciclo corto, con ocho morfoespecies (anexo 9). De manera que la diversidad y abundancia de la fauna edáfica, en relación con la presencia de especies de los grupos de termitas, hormigas y lombrices en una zona, permite conocer la calidad del suelo (Jiménez & Thomas, 2003).

Macrofauna edáfica dominante en los ecosistemas de sabana y bosque

Los principales grupos de la macrofauna edáfica son las lombrices, las termitas, las hormigas y los escarabajos (Cabrera, 2014). Los órdenes dominantes en el ecosistema de sabana son Haplota-xida, Blattodea, Hymenoptera y Coleoptera. Para el ecosistema de bosque, los órdenes dominantes son Blattodea, Haplota-xida e Hymenoptera. Las lombrices de tierra (orden Haplota-xida), las termitas (orden Blattodea) y las hormigas (orden Hymenoptera) son generalmente los tres componentes dominantes de las comunidades de

macrofauna en las sabanas y bosques. Como se ha mencionado anteriormente, la macrofauna edáfica es elemental en los ecosistemas, ya que entre las múltiples funciones que cumplen, como la fijación de nitrógeno, la digestión de organismos patógenos, la formación de simbiosis, entre otras, afectan directamente la dinámica de las plantas (Rippstein *et al.*, 2001). Un ejemplo son las lombrices de tierra que favorecen la fertilidad del suelo por la infiltración y aireación, producto de su acción excavadora, de manera que ponen la materia orgánica a merced de otros organismos que intervienen en los procesos de descomposición (Ramírez *et al.*, 2013; Huerta *et al.*, 2007). Igualmente, las termitas desempeñan un papel importante en la dinámica de los ecosistemas, debido a los procesos de descomposición de la materia orgánica, así como a la construcción de estructuras biogénicas, a través de las cuales logran modificar las características físicas y químicas de los suelos e influir en los ciclos de nutrientes (Camacaro *et al.*, 2008). De acuerdo con Moreira *et al.* (2012), estos organismos se sitúan en diferentes categorías tróficas, dado que se pueden alimentar de hojarasca, madera, pastos, suelo, líquenes, hongos, entre otros. Por su parte, las hormigas son el grupo más diverso y abundante de la fauna edáfica y presentan una distribución cosmopolita. La gran mayoría de especies habita en el suelo, donde construye nidos, entre la hojarasca o en la madera en descomposición (Fernández, 2001).

Por tanto, se considera que la ubicación de los grupos anteriormente mencionados está relacionada con la oferta de condiciones propicias para su establecimiento, de modo que en zonas húmedas y con abundante material orgánico se encuentran las lombrices; en suelos

Tabla 12. Abundancia (número de individuos por m²) colectada de los órdenes de la macrofauna del suelo, asociados a cuatro tipos de coberturas vegetales (bosque, sabana, cultivo de ciclo corto y cultivo perenne)

Phylum	Clase	Órdenes	Nombre común	Sabana		Bosque		Cultivo ciclo corto		Cultivo perenne		Total
				N.º i.p.m ²	%							
Insecta	Arthropoda	Coleoptera	Escarabajos	75	17,0	7	1,18	22	15,5	15	17,8	119
		Lepidoptera	Mariposas	6	1,36	4	0,67	12	8,6	4	4,8	26
		Hemiptera	Chinches y salta hojas	2	0,45	18	3,03	24	17,0	2	2,4	46
		Orthoptera	Grillos y saltamontes	2	0,45	8	1,35	36	25,3	4	4,8	50
		Blattodea	Cucarachas	0	0,00	1	0,16	1	0,7	0	0	2
		Dermaptera	Termitas	115	26,0	218	36,8	0	0,00	0	0	333
		Hymenoptera	Tijeretas	1	0,23	1	0,16	3	2,1	0	0	5
		Thysanoptera	Hormigas	123	28,0	146	24,6	6	4,22	2	2,4	277
		Phasmidae	Trips	4	0,91	2	0,34	0	0,00	0	0	6
		Diptera	Insectos palo	0	0,00	1	0,16	0	0,00	0	0	1
		Entognatha	Moscas y mosquitos	4	0,91	8	1,34	2	1,4	22	26,1	36
		Arachnida	Colémbolos	1	0,23	6	1,01	4	2,86	6	7,14	17
Malacostraca	Arañas	10	2,26	22	3,70	2	1,4	9	10,7	43		
Chilopoda	Cochinillas	0	0,00	1	0,16	0	0,00	1	1,2	2		
Annelida	Scolopendromorpha	Ciempis	2	0,45	0	0,00	1	0,7	3	3,62	5	
Mollusca	Lombrices de tierra	Haplótaxida	94	21,3	148	25,0	23	16,0	10	11,9	275	
Total	Babosas y caracoles	Pulmonata	2	0,45	2	0,34	6	4,22	6	7,14	16	
			441	100	593	100	142	100	84	100	1260	

Campus de la Universidad de los Llanos, Meta, Colombia. **Fuente:** E. Vélez-López (2019).

arenosos habitan las hormigas y en suelos arcillosos, las termitas (Amézquita *et al.*, 2013). Cabe resaltar que estos grupos (lombrices, termitas y hormigas) son conocidos como ingenieros del ecosistema, título que han recibido por la formación de estructuras biogénicas en el suelo, las cuales permiten el desarrollo de la

actividad microbiana, la dinámica de la materia orgánica, el ciclaje de nutrientes, el intercambio de agua y aire, entre otros (Jiménez & Thomas, 2003). Por ende, la fauna edáfica constituye una alternativa en la búsqueda de métodos que permitan incrementar la fertilidad del suelo y su conservación (Bautista & Palacio, 2005).



Tremella fuciformis, hongo gelatinoso. Foto: E. Vélez-López



Macrohongos

La composición taxonómica de los macrohongos, en las diferentes coberturas vegetales, se presenta en la figura 12. Todos ellos hacen parte de la biodiversidad del suelo y cumplen un papel fundamental en los ecosistemas gracias a la descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de los nutrientes. Es decir, son organismos descomponedores que transforman la materia orgánica en inorgánica (Pfenning & Magalhães, 2012). La recolección de los macrohongos se realizó en los ambientes de bosque. Posteriormente, se llevaron al laboratorio y fueron identificados con ayuda de un especialista. En los ambientes de sabana, cultivo de ciclo corto y cultivo perenne, no se obtuvieron registros. La especie más abundante fue *Schizophyllum commune*, perteneciente a la familia Schizophyllaceae. De pequeñas dimensiones, es uno de los hongos lignícolas con mayor distribución. Fructifica sobre madera o restos leñosos de todo tipo de árboles y es capaz de hacerlo en cualquier época del año (Vázquez, 2013). Es importante resaltar que la diversidad fúngica es fundamental para el mantenimiento de los ecosistemas, ya que los hongos son degradadores, movilizados de nutrientes, patógenos o simbioses, que contribuyen en el funcionamiento de los sistemas boscosos (Martínez *et al.*, 2012). La presencia de este tipo de hongos permite conocer el estado del bosque evaluado. Según Martínez *et al.* (2012), en los bosques mediterráneos, una proporción superior al 30 % de hongos micorrizógenos, con respecto a la diversidad encontrada, es indicador de un bosque vigoroso.

Los órdenes con mayores individuos registrados en las coberturas vegetales fueron Agaricales

y Polipolares. Los Agaricales presentan una amplia distribución en abundancia en épocas lluviosas, se caracterizan por la formación de asociaciones con micorrizas de plantas y crecimiento sobre materia orgánica en descomposición. Este grupo está conformado por hongos saprófitos, parásitos y simbioses (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE], 1991; Acuña, 2003).

Los Poliporales, al igual que los Agaricales, presentan una gran diversidad de formas, colores y tamaños. Poseen una amplia distribución en numerosos ambientes. En los ecosistemas son importantes en el mantenimiento de la estructura y función, puesto que cumplen labores de descomposición de materia orgánica, liberación y reciclaje de nutrientes (Cepero de García *et al.*, 2012).

Comparación de las coberturas vegetales

La comparación del efecto de las coberturas vegetales en dos diferentes agroecosistemas de la región Orinoquia, ubicados en la sede Barcelona de la Universidad de los Llanos, que forman parte de una de las zonas más ricas en biodiversidad, evidencia el cambio de estructura del suelo y los organismos que habitan en la zona (anexo 10).

En el bosque húmedo tropical se puede analizar la diversidad de vegetación que posee la comunidad vegetal y que forma microhábitats para los microorganismos edáficos (anexo 11). Además, tiene una capa de 4 cm de hojarasca aproximadamente y una densa capa de raíces en descomposición, que permite el desarrollo de los procesos para el ciclaje de nutrientes con la ayuda de los microorganismos. Presenta vegetación introducida, como el caso del platanillo

(familia Heliconiaceae). Los árboles del dosel tienen una altura aproximada de 6 m, aunque el área que ocupa este bosque es pequeña por las intervenciones antrópicas que ha tenido, lo cual se evidencia en las plantas introducidas y en el tamaño del bosque. Esto se debe a la reforestación realizada por parte del Distrito Militar Aéreo n.º1 (Base Aérea de Apiay).

En Colombia, la Orinoquia está compuesta por una gran variedad de ecosistemas que denotan su riqueza gracias a las características y dinámicas propias de la región, necesarias para conservar su funcionalidad ecológica (Lasso *et al.*, 2011). En ella se encuentran las sabanas, que son los ecosistemas de mayor extensión. Se caracterizan por una vegetación predominante de herbáceas con arbustos, árboles o palmares dispersos, con un estrato arbóreo diversificado (Leyva, 2001). El suelo de la sabana es arcilloso e impermeable, posee un pH de 5 y tiene unas características muy marcadas debido al estrés por el período de sequía. Dado que la región biogeográfica en la que se encuentran las sabanas se caracteriza por un período de lluvias abundante, su sistema hídrico y las inundaciones han permitido establecer ambientes fluviales y lacustres, hábitats de numerosas especies adaptadas ecológicamente a la estacionalidad del agua (Leyva, 2001).

Ciclos biogeoquímicos en cuatro coberturas vegetales

Los ciclos biogeoquímicos son sistemas dinámicos de los elementos químicos, que consisten en procesos que se llevan a cabo en la biósfera. Su disponibilidad para los seres vivos depende de los mecanismos de transformación. Entre estos se encuentran los ciclos del

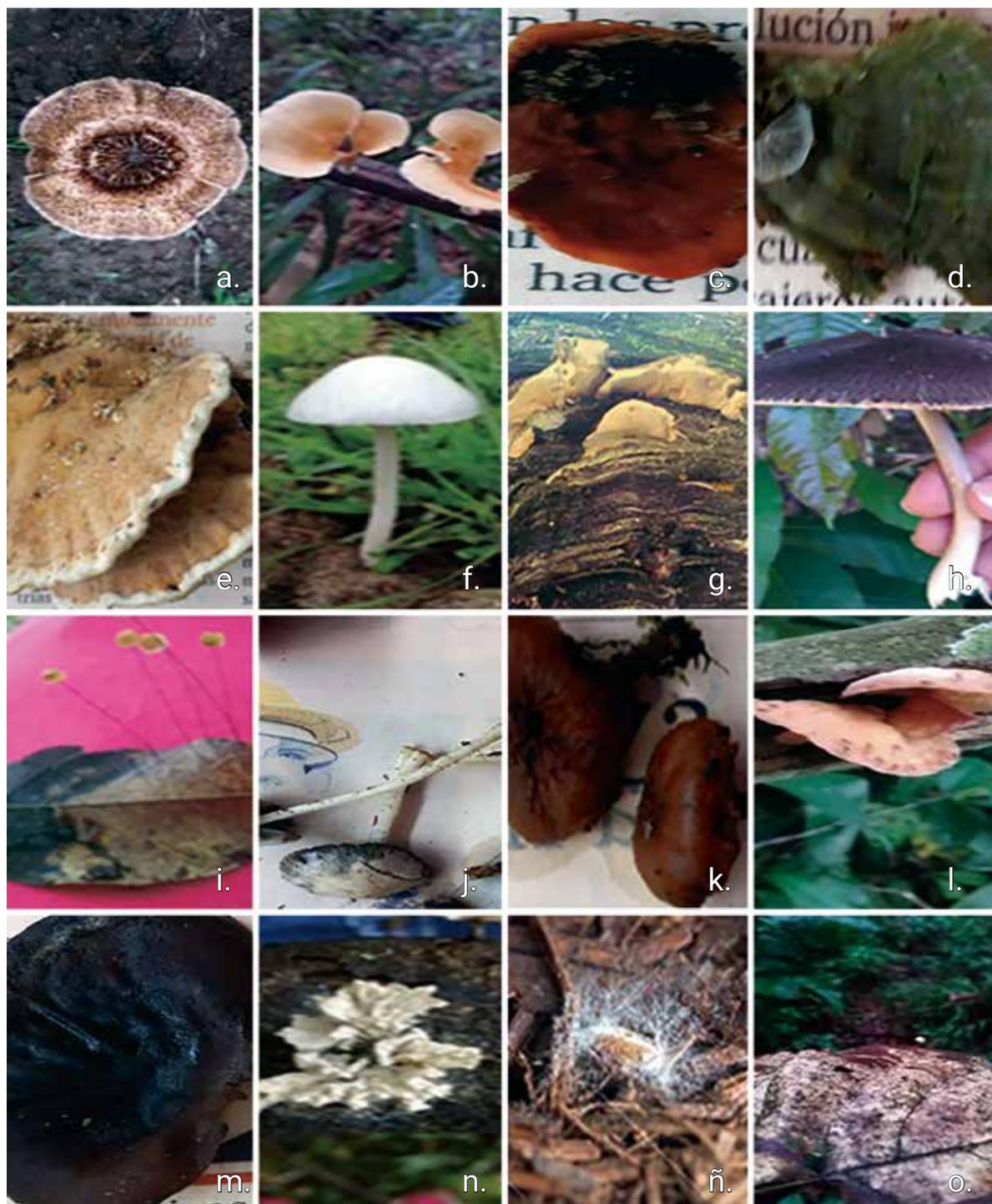


Figura 12. Tipos de hongos registrados en las coberturas vegetales. Bosque: orden Polyporales a) *Lentinus swartzii*; b) *Trogia cantharelloides*; c) *Pycnoporus cinnabarinus*; d) *Daedaleopsis confragosa*; e) *Trametes* sp.; orden Agaricales f) *Coprinus* sp.; g) *Pleurotus* sp.; h) *Agaricus* sp.; i-j) *Marasmius* sp.; k) *Mycena* sp.; orden Auriculariales l) *Auricularia delicata*; m) *Auricularia fuscusuccinea*; n) *Xylaria cubensis*; ñ) Micelios de hongo (no determinado) en cultivo perenne: o) Mycetozoa: Mixomicetos. Fotos: Vélez-López (2015).

fósforo (P) y del nitrógeno (N), importantes en el crecimiento y productividad de las plantas (Cerón & Aristizábal, 2012). En los ecosistemas, al considerarse sistemas abiertos, los elementos entran y salen a través de las relaciones entre la biota, la hidrósfera, la geósfera y la atmósfera por medio de ciclos locales (suelo) o globales (atmósfera) (Valverde *et al.*, 2005).

El análisis de los ciclos presentes en los ecosistemas analizados permitió conocer la dinámica del movimiento de los nutrientes fósforo y nitrógeno, desde su ingreso al ciclo hasta su salida. Se proponen dos ciclos por zona de muestreo; uno para fósforo y uno para nitrógeno. Como principal aspecto, los ciclos reflejaron la importancia que tienen los microorganismos y la edafofauna presentes en el suelo, destacándose la acción de las bacterias nitrificantes para el caso del nitrógeno, ya que lo fijan en el suelo, dejándolo disponible para los productores primarios. Por otra parte, se encuentran los organismos descomponedores de materia orgánica, que ayudan en el reciclaje de los nutrientes para volver los minerales a su forma inorgánica.

Así mismo, en la transformación del nitrógeno y del fósforo en los suelos participan microorganismos solubilizadores de fosfatos y diazótrofos, los cuales son responsables, en parte, de estimular el crecimiento de las plantas (fitoestimulación). Pero a su vez, su función ecológica es afectada por las condiciones ambientales como el tipo de suelo y las especies de plantas en la zona (Cerón & Aristizábal, 2012).

Dinámica del nitrógeno

El nitrógeno es uno de los elementos esenciales para la vida, está presente en plantas y ani-

males, aunque mayormente disuelto en forma de gas en la atmósfera. Por esta razón, circula entre la litósfera, la atmósfera, la hidrósfera y la biósfera, así como en los seres vivos. Por tanto, la primera etapa en el ciclo del nitrógeno es la nitrificación y fijación que deja el nitrógeno disponible para que se dé la segunda etapa, que es la asimilación por los productores primarios; mediante interacciones ecológicas se da la tercera etapa, en la cual los consumidores primarios depredan o parasitan las plantas para luego ser depredados por los consumidores secundarios y así sucesivamente.

Durante este proceso se genera materia orgánica, una parte debido a la hojarasca producida por las plantas y otra por los desechos de los consumidores, allí es donde inicia la última etapa del ciclo y entran en acción los microorganismos del suelo que inician un proceso de descomposición, dejando disponible el nutriente nuevamente en el suelo. Se debe destacar que, al igual que en otros ciclos, el último paso depende enormemente del tiempo de disponibilidad lumínica y del recurso hídrico en el ecosistema. Esto se ve reflejado, a modo de entrada, en cada uno de los diagramas de ciclos (figuras 13, 14, 15 y 16).

Este elemento ingresa en los ecosistemas por fijación química y biológica del nitrógeno molecular, el cual desempeña un papel fundamental en la biósfera en los procesos de mineralización, nitrificación, fijación de nitrógeno (N_2) y oxidación anaeróbica del amonio, donde intervienen los microorganismos del suelo. Así mismo, sale del sistema a través del proceso de desnitrificación (Cerón & Aristizábal, 2012).

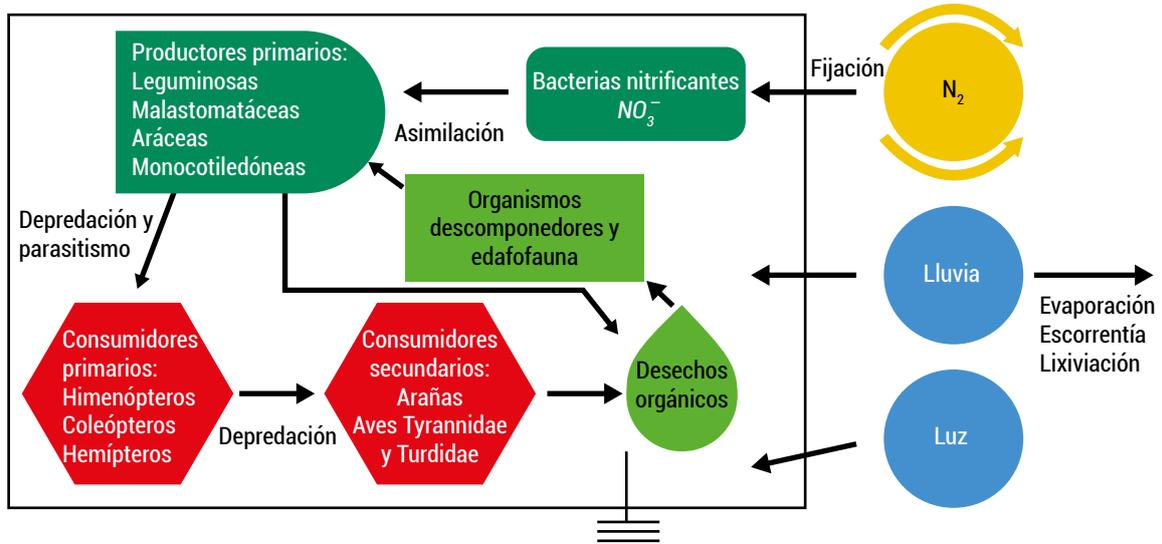


Figura 13. Ciclo del nitrógeno en bosque húmedo tropical. Fuente: Fontecha-Parrado et al. (2018)

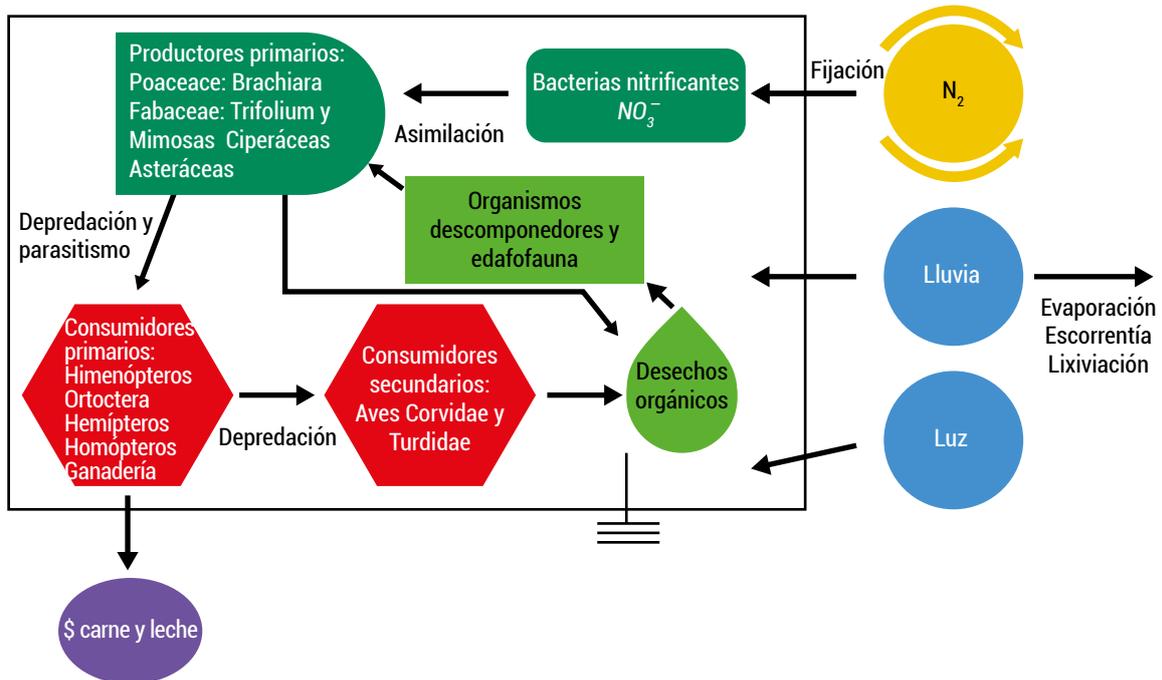


Figura 14. Ciclo del nitrógeno para el agroecosistema de sabana. Fuente: Fontecha-Parrado et al. (2018)

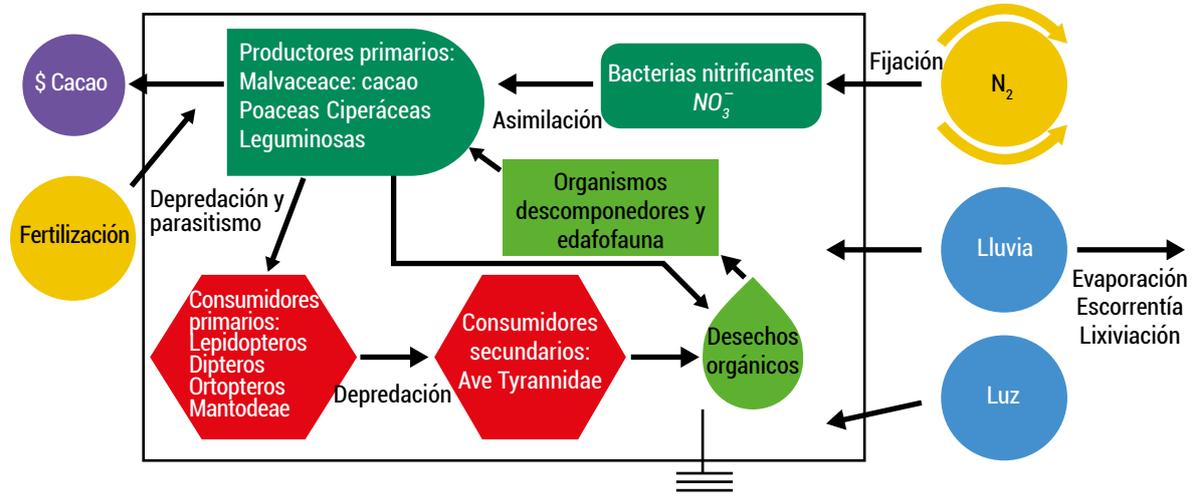


Figura 15. Ciclo del nitrógeno para el agroecosistema del cacao (*Theobroma cacao*). **Fuente:** Fontecha-Parrado et al. (2018)

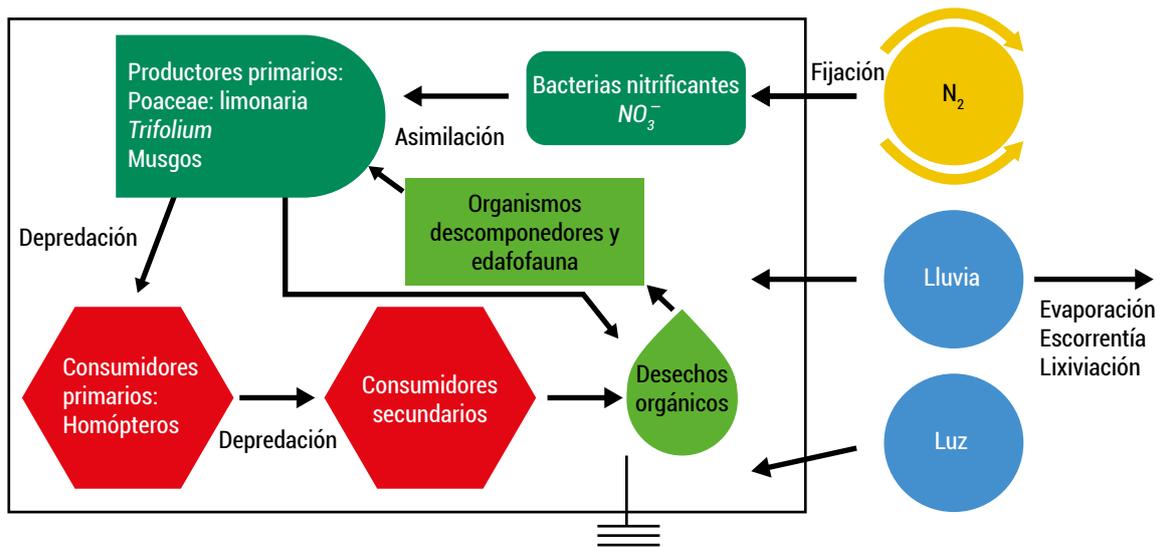


Figura 16. Ciclo del nitrógeno para cultivo de ciclo corto. **Fuente:** Fontecha-Parrado et al. (2018)

Dinámica del fósforo

Al igual que el nitrógeno, el fósforo es un elemento esencial para los seres vivos y para los procesos de la fotosíntesis de las plantas. Forma parte de moléculas tan importantes como los ácidos nucleicos (ADN, ARN), el ATP y otros compuestos fosforados (figuras 17 y 18). Además, desempeña un papel especial en el metabolismo energético de los seres vivos, pues al transferirse un ion fosfato a una molécula de ADP, se origina una molécula de ATP, rica en energía fácilmente transportable (figura 19).

En la naturaleza se encuentra como mineral, formando parte del suelo. Aunque los suelos de la Orinoquia presentan gran cantidad de fósforo, poco de este se encuentra disponible en formas que sean asimilables por las plantas (HPO_4 , H_2PO_4). En muchos casos, esto es una limitante para el establecimiento de proyectos productivos, lo que hace necesaria la incorporación externa de este mineral mediante la fertilización, como se puede observar en el ciclo del fósforo para el caso del cacao (figura 20).

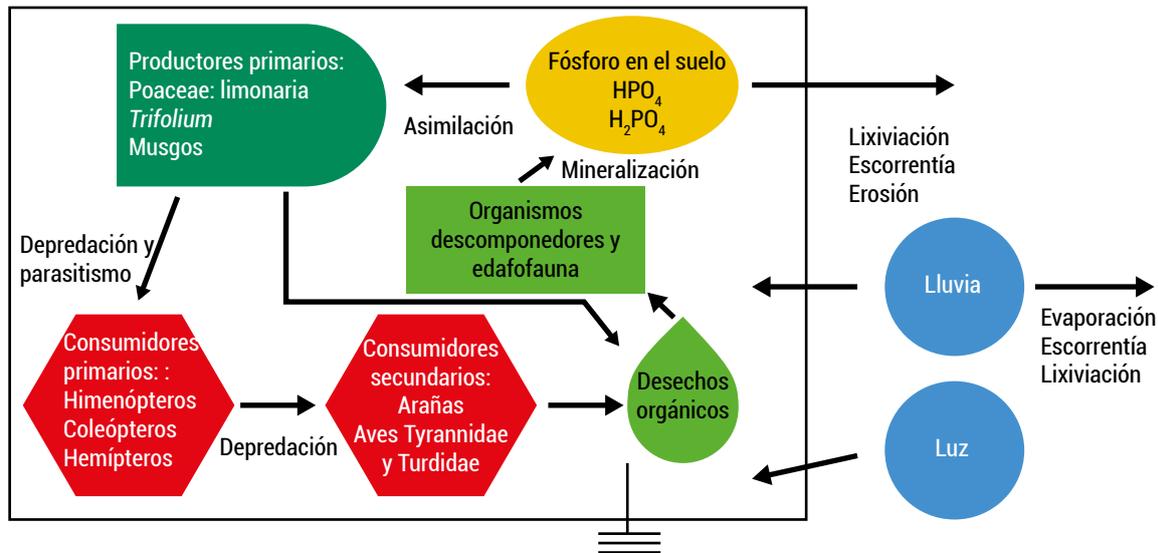


Figura 17. Ciclo del fósforo en bosque húmedo tropical. **Fuente:** Fontecha-Parrado et al. (2018)

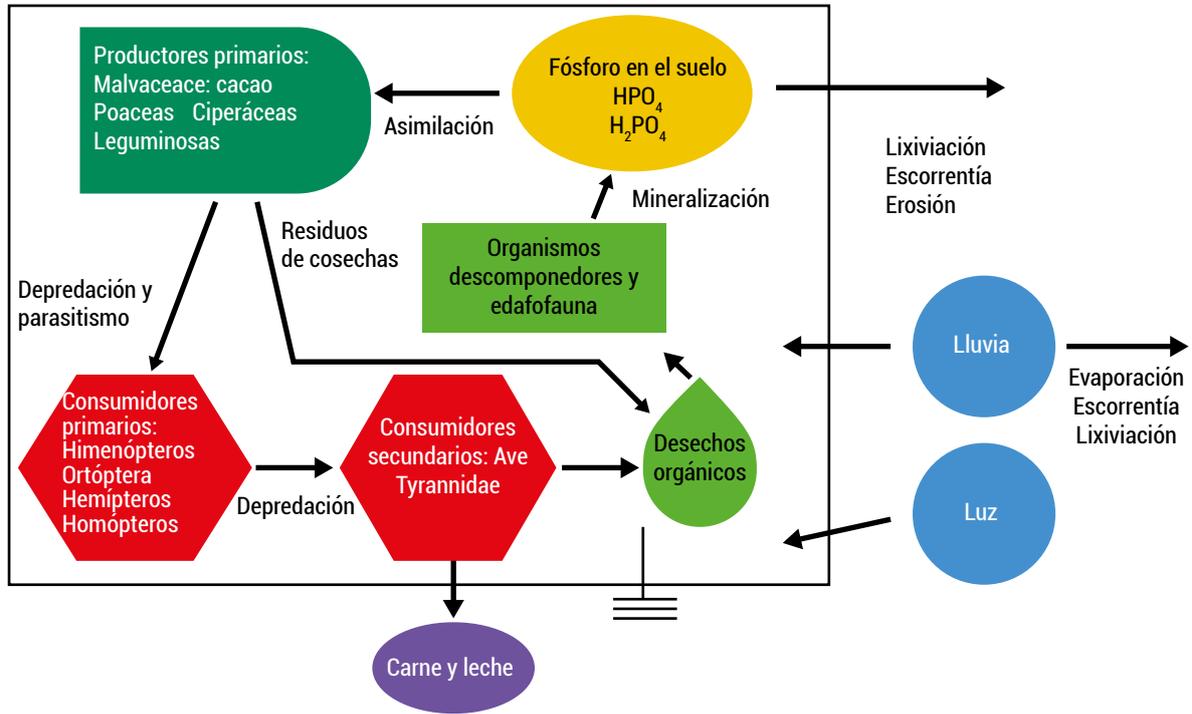


Figura 18. Ciclo del fósforo para el agroecosistema de sabana. Fuente: J. F. Fontecha-Parrado.

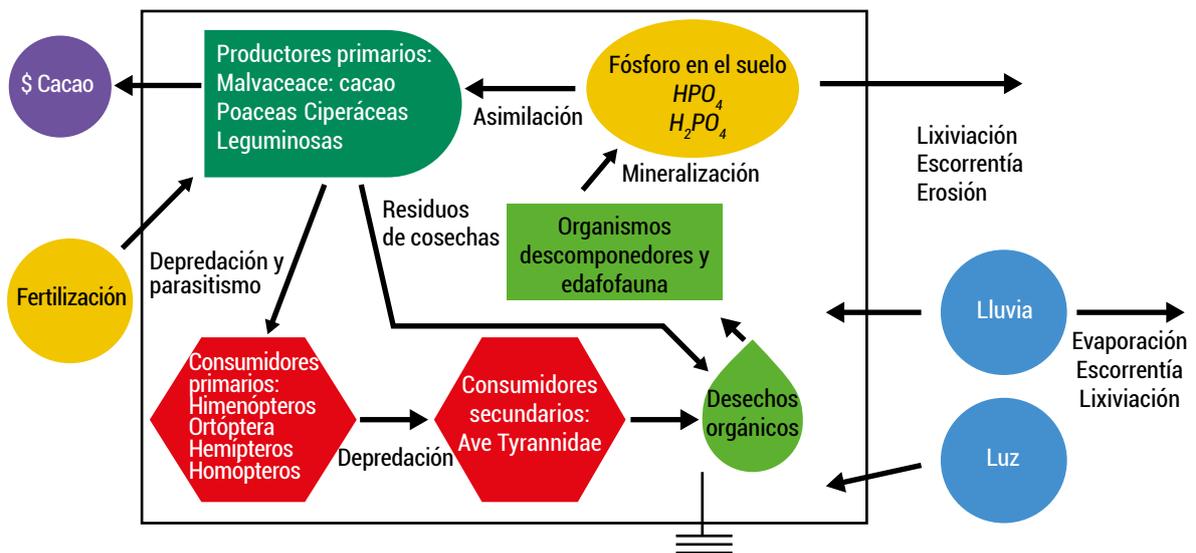


Figura 19. Ciclo del fósforo para el agroecosistema del cacao (*Theobroma cacao*). Fuente: J. F. Fontecha-Parrado.

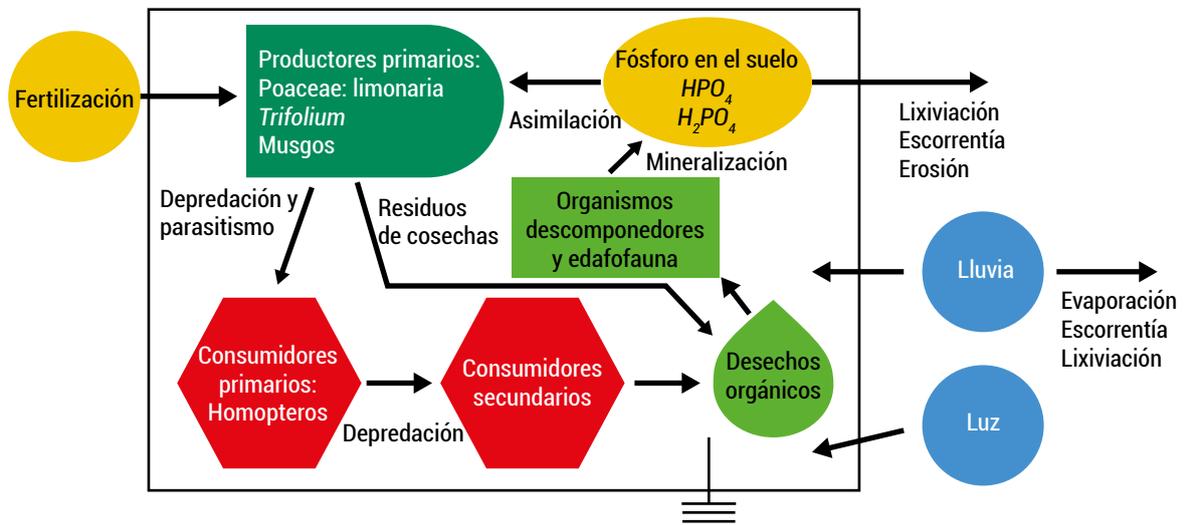


Figura 20. Ciclo del fósforo para cultivo de ciclo corto. **Fuente:** J. F. Fontecha-Parrado.





Flor de *Bixa orellana* - Bixaceae polinizada por una abeja de la familia Apidae.

Foto: E. Urrea-Méndez



Referencias bibliográficas

- Acuña, R. (2003). *La biodiversidad*. Universidad de Costa Rica.
- Aguirre, J., & Rangel-Churio, J. O. (2007). Amenazas a la conservación de las especies de musgos y líquenes en Colombia—Una aproximación inicial. *Caldasia*, 29(2), 235-262.
- Amézquita, E., Rao, I. M., Rivera, M., Corrales, I. I., & Bernal, J. H. (2013). *Sistemas Agropastoriles: Un enfoque integrado para el manejo sostenible de Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) de Colombia, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Anderson, J. M., & Ingram, J. S. I. (1993). *Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods* (2nd ed.). Wallingford: CAB International.
- Bautista, E. & Suárez, J. (2013). Fauna del suelo y hojarasca en arreglos agroforestales de la Amazonia Colombiana. *Momentos de Ciencia*, 10(1).
- Bautista, F. & Palacio, A. (2005). *Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales*. Instituto Nacional de Ecología.
- Botina, B. G., Velásquez, A. I., Bacca, T., Castillo, J. F., & Días, G. L. (2012). Evaluación de la macrofauna del suelo en *Solanum tuberosum* (solanales: solanaceae) con sistemas de labranza tradicional y mínima. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat.*, 16(2), 69-77.
- Brusca R. & Brusca, G. (2005). *Invertebrados* (2.ª edición). McGraw-Hill Interamericana de España.
- Cabrera, G. (2014). *Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba*. The Ruffor Foundation.
- Camacaro, J., Ojeda, A. & López, D. (2008). Densidad de termiteros de *Cortaritermes* sp. (Isoptera: Termitidae) en sabanas localizadas el noreste del estado Bolívar, Venezuela. *Acta Biológica Venezuelica*. 28(1), 85-91.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (1991). *Plagas y enfermedades forestales en América Central. Manual de Consulta*. CATIE.
- Cepero de García, M., Restrepo, S., Franco, A., Cárdenas, M. & Vargas, N. (2012). *Biología de hongos*. Ediciones Uniandes.
- Cerón, L. & Aristizábal, F. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos.

Revista colombiana de Biotecnología, 14(1), 285-295.

Delgado, G., Burbano, A. & Parra, A. (2011). Evaluación de la macrofauna del suelo asociada a diferentes sistemas con café *Coffea arabica* L. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 28(1), 91-106.

Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S., & Posingham, H. (2006). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, ecosystems & environment*, 114(2-4), 369-386.

Fernández, P. R. (2001). Las hormigas del suelo en México: diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana (ns)*, 1:189-238.

Fondo Financiero De Proyectos De Desarrollo – FONADE, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, & Banco Interamericano De Desarrollo – BID. (2013). *Efectos del cambio climático en el rendimiento de tres cultivos mediante el uso del Modelo AquaCrop*. <https://bit.ly/3FF261s>

Fontecha-Parrado, J.F., Velásquez, E., Sanchez, E., Salas, A., 2018. *Organismos edáficos y ciclos biogeoquímicos: diagnóstico de biodiversidad y movimiento de nutrientes en cuatro coberturas vegetales de un agroecosistema de la Orinoquia*. Informe de laboratorio del curso Ecosistemas Tropicales, IV semestre Ing. Agronómica, Universidad de los Llanos.

Franco, A., Bartz, M., Cherubin, M., Baretta, D., Cerri, C., Feigl, B., Wall, D., Davies, C. & Cerri, C. (2016). Loss of soil (macro) fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. *Science of the Total Environment*, 563, 160-168.

García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, S. (2014). Efecto de diferentes usos de la tierra en la composición y la abundancia de la macrofauna edáfica, en la provincia de Matanzas. *Pastos y Forrajes*, 37(3), 313-321.

Gliessman, S. (2002). El concepto de agroecosistemas. En *Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE.

Huerta, E., de la O-De Dios, D., & Nuncio, G. (2007). Incremento de la fertilidad del suelo mediante el uso de lombrices de tierra (*Glossoscolecidae* y *Acanthodrilidae*) y leguminosas (*Arachis pintoii*) en un suelo de traspatio. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 14(2), 172-176.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2015). *Atlas Climatológico de Colombia. Atlas Interactivo: IDEAM*.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2004). *Estudio General de Suelos y Zonificación de tierras*. IGAC.

Jiménez, J. J., & Thomas, R. J. (2003). *El arado natural: Las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las sabanas Neotropicales de Colombia*. CIAT.

- Lasso, C., Rial, A., Matallana, C., Ramírez, W., Celsa, J., Díaz, A., Corzo, G. & Machado, A. (2011). *Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: II. Áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle de Ciencias Naturales e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia).
- Leyva, P. (2001). *El medio ambiente en Colombia* (2.ª edición). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, Ministerio del Medio Ambiente.
- Martínez de Aragón, J., Oliach, D., Henriques, R., Fortuny, M., Girbal, J., & Bonet, J. A. (2012). *Manual para la gestión del recurso micológico forestal en Cataluña*. Ediciones CTFC.
- Montoya, S., Gallego, J., Sucerquia, A., Peláez, B., Betancourt, O., & Arias, D. (2010). Macro-micetos observados en bosques del Departamento de Caldas: su influencia en el equilibrio y la conservación de la biodiversidad. *Bol. cient. mus. hist. nat.*, 14(2), 57-73.
- Moreira, F., Huising, J., & Bignell, D. (2012). *Manual de biología de suelos tropicales, muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Nelson, G., Rosegrant, M., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., Ringler, C., Msangi, S., Palazzo, A., Batka, M., Magalhaes, M., Valmonte, R., Ewing, M. & Lee, D. (2009). *Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation*. Food Policy Report 21. International Food Policy Research Institute (IFPRI). Recuperado de <http://www.ifpri.org/publication/climate-change-1>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *Suelos y biodiversidad*. <http://www.fao.org/3/i4551s/i4551s.pdf>
- Ortiz-Moreno, M. L. (2014). *Análise da interação entre ordenamento territorial e biodiversidade: estudo de caso em Villavicencio (Meta, Colômbia)* [tesis de doctorado, Universidad Federal de São Carlos]. Repositorio Institucional UFCAR. <https://bit.ly/3Bsm3pJ>
- Pfenning, L. & Magalhães, L. (2012). Capítulo 8: Hongos del suelo saprófitos y patógenos de plantas. En: Moreira, F., Huising, E. & Bignell, D. (Eds.). *Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo el suelo*. Instituto Nacional de Ecología.
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583-590.
- Ramírez, R., Álvarez, M. E., & Leiva, E. (2013). Dinámica de las poblaciones de lombrices en un Andisol sometido a distintos sistemas de uso del suelo. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 66(2), 7045-7055.

Rangel-Ch, J. O. (2015a). La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(151), 176-200.

Rangel-Ch, J. O. (2015b). La riqueza de las plantas con flores de Colombia: The richness of flowering plants in Colombia. *Caldasia*, 37(2), 279-308.

Rangel, J. O., Lowy, D., & Aguilar, M. (1997). La distribución de los tipos de vegetación en las regiones naturales de Colombia. Aproximación inicial. 383-402 pp. En *Diversidad Biótica II. Tipos de Vegetación en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM)-Ministerio del Medio Ambiente, Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico-CINDEC.U.N, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. pp. 436.

Rippstein, G., Escobar, G. & Motta, F. (2001). *Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia*. Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement – CIRAD.

Roa, M., & Muñoz, J. (2012). Evaluación de la degradabilidad in situ en bovinos suplementados con cuatro especies arbóreas. *Revista MVZ Córdoba*, 17(1), 2900-2907. <https://doi.org/10.21897/rmvz.259>

Romero-Ruiz, M. H., Galindo-García, G., Otero-García, J., & Armenteras-Pascual, D. (2017). *Ecosistemas de la cuenca del Orinoco colombiano*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. Colombia.

Ruppert, E. & Barnes, R. (1996). *Zoología de los invertebrados* (6.ª edición). McGraw-Hill.

Valverde, T., Meave, J., Carabias, J. & Cano, Z. (2005). *Ecología y Medio Ambiente*. México. Pearson Educación.

Vázquez-Mendoza, S. (2013). Nuevo hospedero del hongo *Schizophyllum commune* en América. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(2), 661-663.

Vázquez, M. (2001). *Fauna edáfica de las Selvas Tropicales de Quintana Roo*. México. Universidad de Quintana Roo y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.



Género *Hoplomutilla*, un miembro de hormiga de terciopelo (familia Mutillidae).

Foto: M. Ávila-Leguizamo

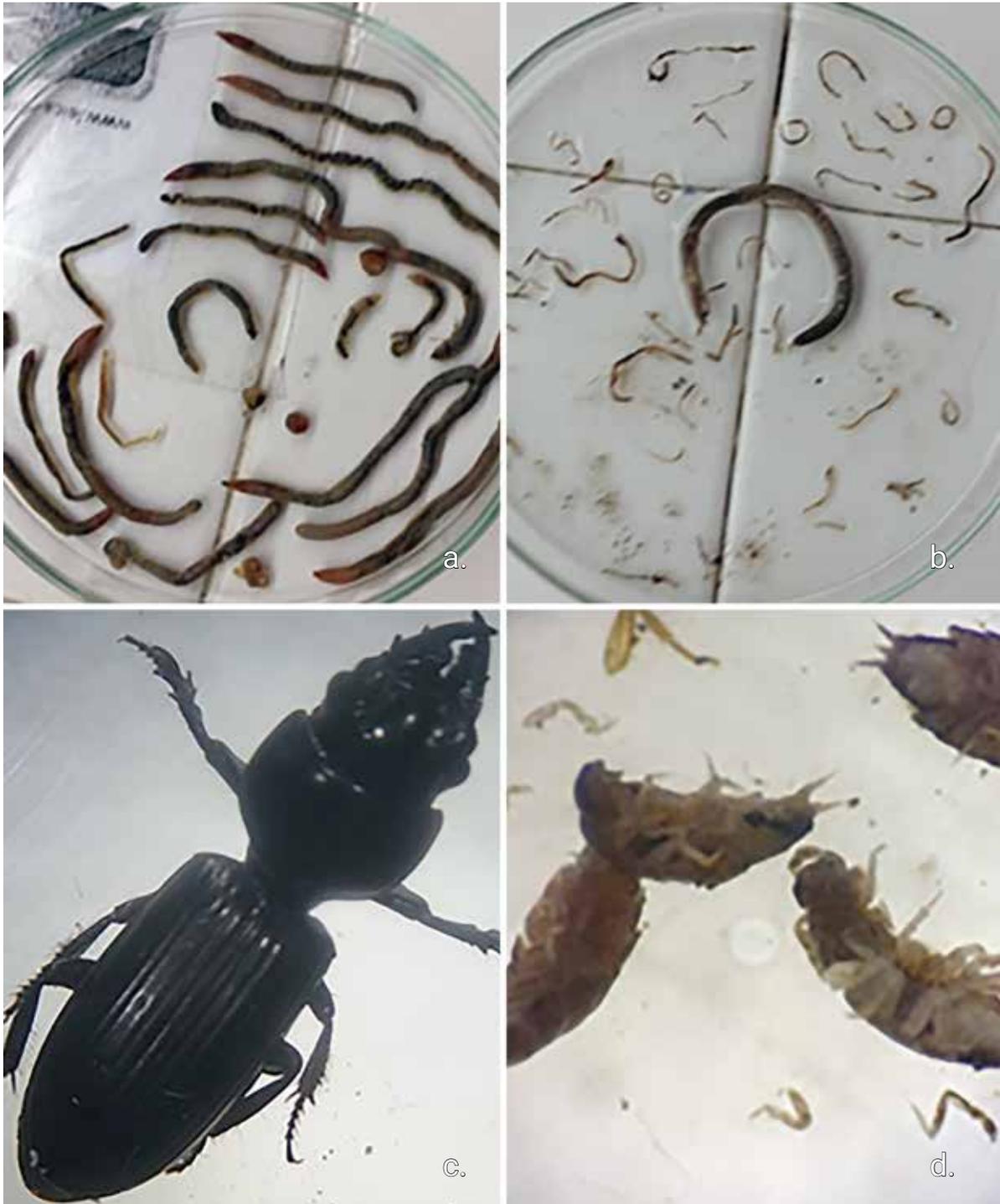


Anexos

 Avispita patona o chalcídido (Hymenoptera: Chalcididae). Foto: E. Vélez-López

Anexo 8

Fotografías de los organismos encontrados en la macrofauna del suelo: a-b) Lombrices de tierra (orden Haplotaxida); c) Escarabajo (orden Coleóptera); d) Colémbolos (orden Collembola). Fotos: J. F. Fontecha-Parrado (2015).



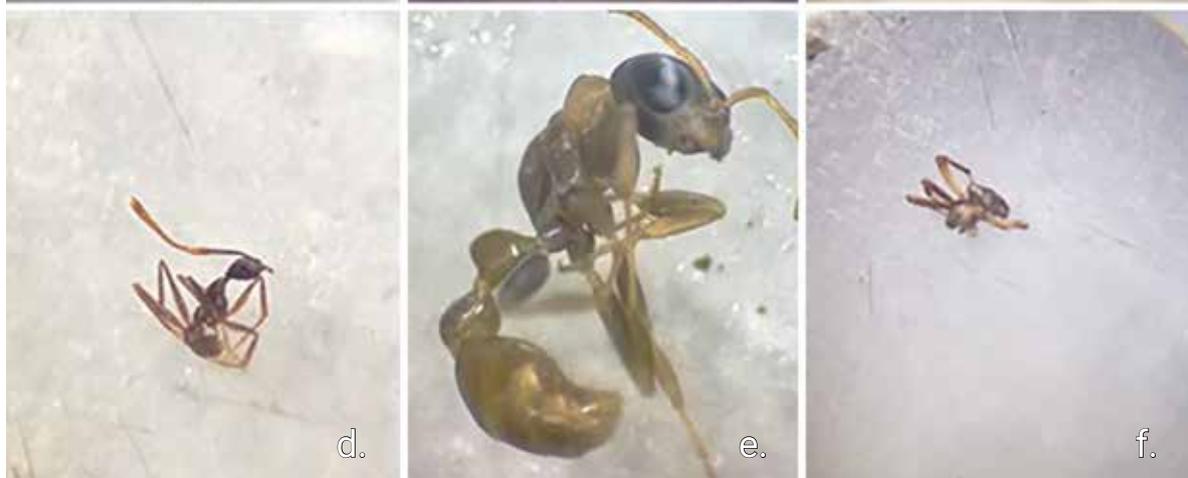
Anexo 9

Entomofauna acompañante, bosque húmedo tropical. a-b-c-d-e-f) Hormigas - familia Formicidae (orden Himenóptera); g) Escarabajo - familia Carabidae (orden Coleóptera); h-i) Escarabajo alado - familia Lycidae (orden Coleóptera). Fotos: J. F. Fontecha-Parrado (2015).

2023



122



Cont. Anexo 9

Entomofauna acompañante, sabana. a-b) Chicharritas - familia Cercopidae (orden Hemiptera); c) Toritos o periquitos - familia Membracidae (orden Hemiptera); d-g) Chinchas - familia Reduviidae (orden Hemiptera); e) Familia Chrysomelidae (orden: Coleóptera); f) Ninfa de chinche (orden Hemiptera); h-i) Grillos (orden Ortóptera). Fotos: J. F. Fontecha-Parrado (2015).



Cont. Anexo 9

Entomofauna acompañante, agroecosistema de cacao (*Theobroma cacao*). a) Larva (orden Lepidóptera); b-e-f-i) Mosquito (orden Díptera); c) Grillo - familia Gryllidae (orden Ortóptera); d) Mosca - familia Muscidae (orden Díptera); g) Hormiga - familia Formicidae (orden Himenóptera); h) Chinche (orden Hemíptera). Fotos: J. F. Fontecha-Parrado (2015).

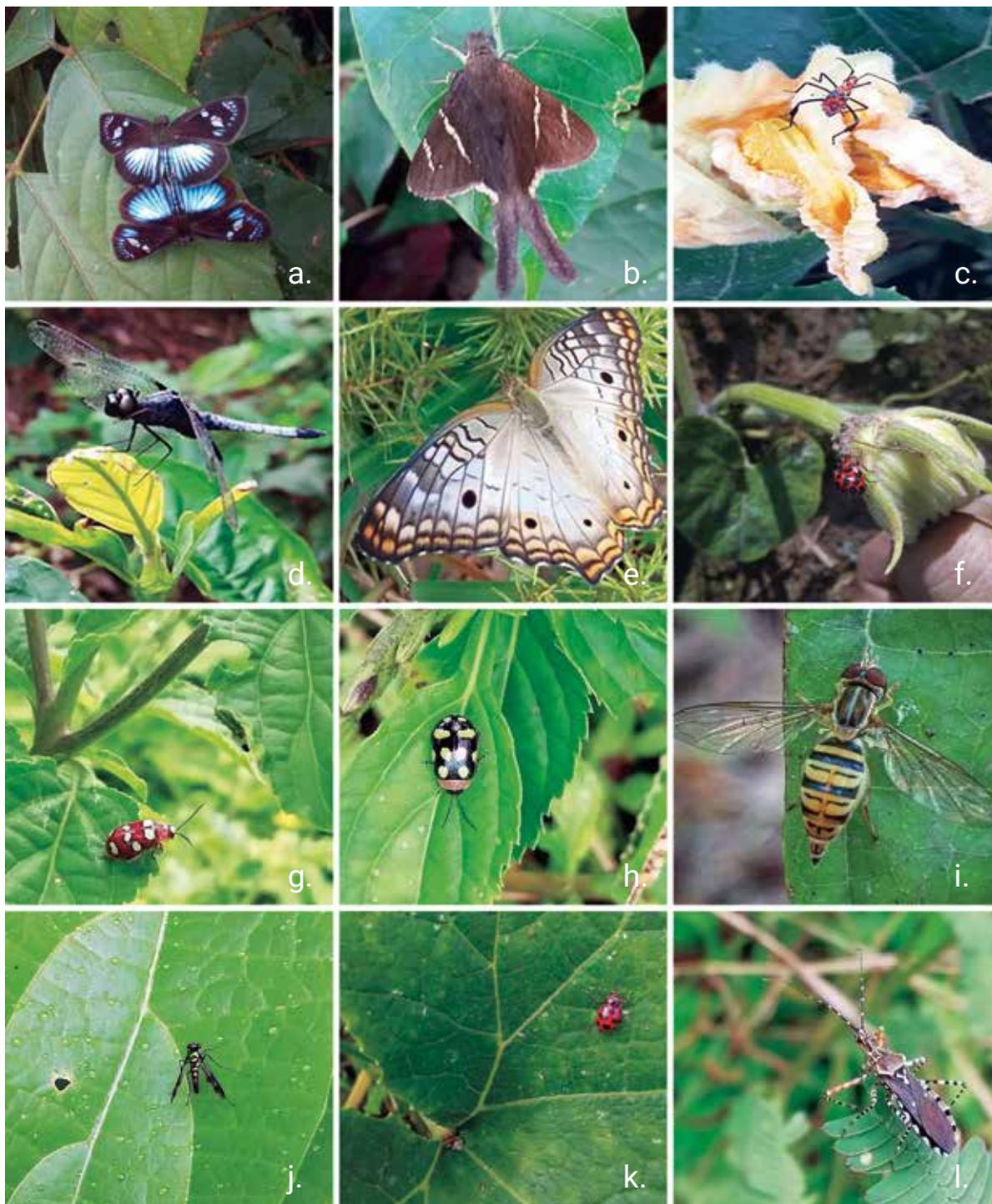
2023



124

Anexo 10

Fotografías de los organismos registrados en los ecosistemas. a-b) Mariposas (orden Lepidóptera); c) Ninfa de chinche (orden Hemíptera); d) Libélula (orden Odonata). Fotos: Vélez-López (a, b, c, d), Vargas-Quiroga (e, f, k), Rojas-Rodríguez (g, h, j, l), Ávila Leguizamo (i).



Anexo 11

Fotografías de la vegetación herbácea registrada en los ecosistemas. a) Familia Melastomataceae; b) Familia Costaceae; c) Familia Poaceae; d) Familia Piperaceae. Fotos: Hoyos-Velásquez (2015).

2023

126







La cosmopolita familia de las Cyperaceae. Foto: F. Vargas-Quiroga

Parte 4

Consideraciones finales



Las RFP Quebrada Honda, Caño Parrado y Buque, conocida como Buenavista, y las RFP Cerro Vanguardia y Quebrada Vanguardia y Caño Vanguardiuno (Vanguardia-Vanguardiuno) albergan especies endémicas de la Orinoquia y el piedemonte llanero, como la rana (*Allobates ranoides*), categorizada por la IUCN y por el Libro rojo de los anfibios de Colombia en peligro crítico (EN), así como el mico de noche llanero (*Aotus brumbacki*) y el mono zocay (*Plecturocebus ornatus*), clasificados como vulnerables (VU) por la IUCN. La fragmentación de los paisajes, la expansión urbana y la actividad agropecuaria son factores que incrementan la vulnerabilidad de estas especies, causando pérdidas de biodiversidad.

La RFP Buenavista está sufriendo un impacto ambiental mayor, debido específicamente al cambio del uso del suelo, a la alta demanda del recurso hídrico y a la presión antrópica ejercida en actividades como la ganadería y el turismo; mientras que las RFP Vanguardia-Vanguardiuno presentan una alta intervención a nivel

urbanístico. Estas áreas protegidas proveen servicios ambientales importantes para las poblaciones urbanas y rurales, como la regulación hídrica, el control de inundaciones, el ciclado de nutrientes, el abastecimiento hídrico a la población del municipio de Villavicencio y servicios culturales como paisajismo, senderismo, recreación y turismo educativo.

Es importante la participación de las comunidades, el sector privado y toda la gama de agencias gubernamentales en los procesos de planeación y ordenamiento del uso de los territorios de las áreas protegidas del municipio de Villavicencio para lograr una conservación efectiva de su biodiversidad y servicios ecosistémicos asociados. En el escenario del cambio climático global, estas áreas protegidas serán fundamentales para la mitigación y adaptación ante los cambios que se avecinan en el municipio, así como para garantizar el bienestar de la población en un mundo que se enfrenta a una incertidumbre ambiental nunca antes vista por la sociedad después de la revolución industrial.



Esta 1ª edición de "Ecosistemas
Tropicales y sus Conflictos" de Eliud
Daniel Vélez-López & Martha Lucía
Ortiz-Moreno, editado y
diagramado por la
Editorial de la Universidad
de los Llanos; se terminó
de imprimir y
encuadernar en 2021

Los ecosistemas de la Orinoquia prestan servicios ambientales asociados a la regulación, provisión y la cultura. Las reservas naturales en la Orinoquia son áreas protegidas de importancia para la vida silvestre, especialmente aquellas en riesgo de extinción. Son áreas que prestan servicios ecosistémicos al casco urbano de Villavicencio y, al mismo tiempo, son ejemplos de conservación ambiental y escenarios de bienestar. Por otro lado, los agroecosistemas poseen una alta riqueza biológica. Sin embargo, las actividades antrópicas, como la introducción de especies exóticas, la contaminación, la tala ilegal, la minería, los incendios forestales y la urbanización por el crecimiento poblacional, han disminuido las especies de fauna y flora de todos los grupos biológicos. Es por ello, que la academia desempeña un papel fundamental en la formación de seres conscientes de la fragilidad de la riqueza natural y del uso sustentable de los recursos biológicos.

Ecosistemas tropicales y sus conflictos: estudios de caso en el Piedemonte de la Orinoquia es un libro que recoge los resultados de muestreo y análisis sobre las áreas de gran importancia ecológica de la Orinoquia, específicamente del municipio de Villavicencio.

